



**Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras**

Monografia para obtenção do grau em licenciatura em Biologia Marinha

**Tema:**

**Análise de Microplásticos no Trato Digestivo dos Peixes (*Chanos chanos*, *Sardinella alba* e *Johnius dussumieri*) que ocorrem no Estuário dos Bons Sinais**

**Autor:**

Brazão Juvelino Nomeado

Quelimane, 2025



## Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras

Monografia para obtenção do grau em licenciatura em Biologia Marinha

### Tema:

**Análise de Microplásticos no Trato Digestivo dos Peixes (*Chanos chanos*, *Sardinella alba* e *Johnius dussumieri*) que ocorrem no Estuário dos Bons Sinais**

### Autor

(Brazão Juvelino Nomeado)

### Presidente

(MSc. Bonifacio Manuessa)

### Supervisor

(dr. Helder João)

### Avaliadora

(dr.<sup>a</sup>. Vanádia Massingue)

### Co-Supervisor

(Lic. Ângelo Eusébio Balança)

Quelimane, 2025

## **Dedicatória**

Dedico este trabalho à memória dos meus pais, Juvelino Nomeado, Mizinha António e Abiba António, à minha avó Rosalina Malabissa e ao meu irmão Rodolfo Juvelino Nomeado, pela vida e pelo suporte que sempre me ofereceram. Dedico também à minha família, em especial ao meu tio Jorge Maciel Raivoso, que, com muito carinho, amor e apoio, não mediu esforços para que eu chegasse até esta etapa da minha vida.

## **Agradecimentos**

Primeiramente, agradeço a Deus, por ser a luz que guia os meus passos todos os dias e pela saúde que me proporcionou ao longo desta jornada.

Sou profundamente grato à minha família pelo apoio incondicional, pela dedicação, amor e carinho. Aos meus tios Jorge Maciel Raivoso, Elestina Rego e Maria, e aos meus irmãos Bárbara Juvelino, Casimiro Juvelino e Ailene Juvelino. Agradeço também aos meus primos Gervásio Jorge, Pércio Maciel, Patinet Carlos, Rosalina Maciel, Terezinha Maciel, Natércia Maciel, Acineta Carlos, Arsênio Maciel, Vânia Maciel, Julieta Maciel, Flávia Maciel e Osavalda Maciel, além dos meus tios, sobrinhos, cunhados e amigos, por todo o carinho e apoio oferecidos.

Um agradecimento especial ao meu supervisor Dr. Helder João e ao co-supervisor Lic. Ângelo Eusébio Balança, por aceitarem a responsabilidade de supervisionar este trabalho e pelas valiosas sugestões que contribuíram para o seu aperfeiçoamento.

Agradeço também a todos os docentes e funcionários da Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras, por compartilharem seus conhecimentos de maneira tão sábia.

Aos meus colegas do ano de 2018, especialmente os do curso de Biologia Marinha, pelo respeito e carinho. E aos amigos que a universidade me proporcionou: Ângelo Eusébio Balança, Daniel Amisse Turzão e Manuel Januário Ubisse. A todos que, direta ou indiretamente, apoiaram para que eu chegasse a esta fase, meu sincero muito obrigado.

### **Declaração sob Compromisso de Honra**

Declaro, por minha honra, que este trabalho intitulado "**Análise de Microplásticos no Trato Digestivo dos Peixes (*Chanos chanos*, *Sardinella alba* e *Johnius dussumieri*) que Ocorrem no Estuário dos Bons Sinais**", nunca foi apresentado, na sua essência ou parte do mesmo, para a obtenção de qualquer grau acadêmico e que constitui resultado da minha inteira investigação pessoal. Estão indicadas no texto e na lista de referências bibliográficas todas as fontes consultadas para a sua elaboração.

Quelimane, 2025

---

(Brazão Juvelino Nomeado)

## Resumo

Este estudo teve como objectivo analisar a presença de microplásticos no trato digestivo de três espécies de peixes (*Chanos chanos*, *Sardinella alba* e *Johnius dussumieri*) capturadas no Estuário dos Bons Sinais, Zambézia, em Moçambique nos meses de Outubro de 2023 a Março de 2024. A investigação seguiu uma metodologia descritiva e quantitativa. Foram coletados 60 peixes em duas áreas, Icidua e Chuabo Dembe, sendo 30 em cada área, com 10 peixes de cada espécie. As amostras foram acondicionadas em recipientes adequados e mantidas sob refrigeração no laboratório da Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras. Os conteúdos estomacais foram dissecados com o uso de bisturi, tesoura e pinça, colocado em um erlenmeyer. Analisados em laboratório para identificar e caracterizar os microplásticos presentes. Os resultados demonstraram a presença significativa de microplásticos em maior parte das espécies estudadas, com predominância de 100% fibras plásticas das quais (48%) cor pretas, (31%) cor branca, (17%) cor azuis, (2%) cor vermelhos, (2%) cor verde, sugerindo a influência de poluentes provenientes de actividades humanas. Embora não tenham sido encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os níveis de contaminação nas duas zonas analisadas, os peixes de *Sardinella alba* 43% e *Johnius dussumieri* 37% apresentaram uma maior concentração de microplásticos em comparação com *Chanos chanos* 20%. Este estudo contribui para a compreensão do impacto da poluição por microplásticos no ecossistema marinho local e oferece subsídios para futuras investigações sobre as fontes de contaminação e seus efeitos na saúde dos organismos aquáticos.

**Palavras-chave:** Microplásticos, Trato Digestivo, Peixes, Estuário Bons Sinais, Poluição, *Chanos Chanos*, *Sardinella Alba*, *Johnius Dussumieri*.

## Abstract

This study aimed to analyze the presence of microplastics in the digestive tract of three fish species (*Chanos chanos*, *Sardinella alba*, and *Johnius dussumieri*) captured in the Bons Sinais Estuary, Zambezia, Mozambique, between October 2023 and March 2024.<sup>1</sup> The research followed a descriptive and quantitative methodology. A total of 60 fish were collected in two areas, Icidua and Chuabo Dembe, with 30 in each area and 10 fish of each species. The samples were conditioned in appropriate containers and kept under refrigeration in the laboratory of the Higher School of Marine and Coastal Sciences. The stomach contents were dissected using a scalpel, scissors, and tweezers, and placed in an Erlenmeyer flask. They were analyzed in the laboratory to identify and characterize the microplastics present. The results showed a significant presence of microplastics in most of the studied species, with a predominance of 100% plastic fibers, of which (48%) were black, (31%) white, (17%) blue, (2%) red, and (2%) green, suggesting the influence of pollutants from human activities. Although no statistically significant differences were found between the contamination levels in the two analyzed zones, *Sardinella alba* (43%) and *Johnius dussumieri* (37%) showed a higher concentration of microplastics compared to *Chanos chanos* (20%). This study contributes to understanding the impact of microplastic pollution on the local marine ecosystem and provides subsidies for future investigations into the sources of contamination and their effects on the health of aquatic organisms.

**Keywords:** Microplastics, digestive tract, fish, Bons Sinais estuary, pollution, *Chanos chanos*, *Sardinella alba*, *Johnius dussumieri*.

## **Lista de Abreviaturas**

<b>PP</b>	Polipropileno
<b>PE</b>	Polietileno
<b>PVC</b>	Policloreto de Vinila
<b>PS</b>	Poliestireno
<b>PET</b>	Polietileno Tereftalato
<b>MARPOL</b>	Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios
<b>OSPAR</b>	Convenção para a Proteção do Meio Marinho do Atlântico Nordeste
<b>POPs</b>	Poluentes Orgânicos Persistentes
<b>NaOH</b>	Hidróxido de Sódio
<b>UEM</b>	Universidade Eduardo Mondlane
<b>ESCMC</b>	Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras
<b>SPSS</b>	Statistical Package for the Social Sciences

## Lista de Figuras

<b>Figura 1.</b> Dimensões de plásticos.....	18
<b>Figura 2:</b> Interações dos microplásticos com as matrizes físicas e químicas no ambiente marinho	21
<b>Figura 3.</b> Localização Geográfica da área de Estudo .....	24
<b>Figura 4.</b> Fibras encontradas nas análises dos espécimes ( <b>A</b> - fibra vermelha longa, fina e levemente ondulada e <b>B</b> - fibra azul em comparação com a vermelha, parece mais curta e ligeiramente mais espessa).....	28
<b>Figura 5.</b> Percentual das cores de microplásticos totais encontrados nos peixes estudados .....	29
<b>Figura 7.</b> Concentração de Microplásticos no Trato Digestivo por espécie .....	30
<b>Figura 8.</b> Estereoscópio Binocular (Lupa) .....	41
<b>Figura 9.</b> Amostras de Peixes.....	41

## Lista de Tabelas

<b>Tabela 1.</b> Instrumentos e reagentes utilizados no experimento.....	25
<b>Tabela 2.</b> Quantidade de microplasticos nas diferentes espécies capturadas em Icidua e Chuabo Dembe .....	29
<b>Tabela 3.</b> Teste de normalidade.....	40
<b>Tabela 4.</b> Classificações .....	40
<b>Tabela 5.</b> Teste U.....	40

## Índice

Dedicatória .....	III
Agradecimentos .....	IV
Declaração sob Compromisso de Honra .....	V
Resumo .....	VI
Abstract .....	VII
Lista de Abreviaturas .....	VIII
Lista de Figuras .....	IX
Lista de Tabelas .....	X
<b>CAPITULO I. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1. Contextualização.....	13
1.2. Problemática .....	14
1.3. Justificativa .....	15
1.4. Objectivos .....	15
1.4.1. Objectivo geral .....	15
1.4.2. Objectivos específicos .....	15
<b>CAPITULO II. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>17</b>
2.1. Poluição Marinha .....	17
2.2. Poluição Marinha por Plásticos.....	17
2.3. Microplásticos .....	18
2.4. Impacto Ambiental dos Microplásticos .....	19
2.5. Ciclo dos Microplásticos nos Organismos Marinhos .....	20
2.6. Estado de arte.....	21
2.7. Conceitos relativos ao aspecto técnico .....	23
2.7.1. Testes Paramétricos para comparar populações a partir de Amostras Independentes .....	23
2.7.1.1. Condições de Aplicação dos Testes Paramétricos .....	23

2.7.1.2. Teste de Wilcoxon-Mann-Whitney .....	23
<b>CAPITULO III. METODOLOGIA .....</b>	<b>24</b>
3.1. Área de estudo.....	24
3.2. Materiais.....	25
3.3. Amostragem .....	25
3.4. Procedimento laboratorial .....	25
3.5. Identificação e Caracterização de Microplásticos .....	26
3.6. Análise de Dados.....	26
<b>CAPITULO IV. RESULTADOS.....</b>	<b>28</b>
4.1. Identificação e Caracterização de Microplásticos .....	28
4.2. Ocorrência de microplásticos em espécies de peixes nas zonas de Icidua e Chuabo Dembe.. .....	29
4.2.1. Teste t de Student.....	Erro! Marcador não definido.
4.3. Concentração de Microplásticos no Trato Digestivo das Espécies <i>Johnius dussumieri</i> , <i>Chanos chanos</i> e <i>Sardinella alba</i> .....	30
<b>CAPÍTULO V. DISCUSSÃO .....</b>	<b>31</b>
5.1. Identificação e Caracterização De Microplásticos .....	31
5.2. Ocorrência de microplásticos nas zonas de Icidua e Chuabo Dembe.....	32
5.3. Concentração de Microplásticos no Trato Digestivo.....	33
6. Conclusão .....	35
7. Recomendações.....	36
8. Referências bibliográficas.....	37
Anexos.....	40

## CAPITULO I.INTRODUÇÃO

### 1.1.Contextualização

O lixo marinho é um problema global crescente que afeta todos os oceanos do planeta, causando não só danos ambientais, mas também econômicos, de saúde pública e à paisagem natural, com resíduos de plástico representando uma grande parte desse problema (UNO, 2020). Devido ao aumento da densidade populacional, da expectativa de vida, da produção industrial e da urbanização em países em desenvolvimento, além da orientação das sociedades contemporâneas para valores consumistas (Allsopp *et al.*, 2006), a produção de plástico tem crescido significativamente. Esse material é amplamente aplicado em diversos sectores e produtos, destacando-se polímeros como o polipropileno (PP), polietileno (PE), policloreto de vinila (PVC), poliestireno (PS) e o polietileno tereftalato (PET), que representam 90% da demanda de plásticos no mundo (Andrady & Neal, 2009).

As actividades antrópicas e industriais são as principais fontes de inserção de plásticos no ambiente, sendo altamente impactantes. Uma vez no ambiente esses materiais são degradados por acções abióticas e bióticas, com a radiação UV, a acção mecânica e a hidrólise desempenhando papéis cruciais na sua fragmentação e disponibilização para microrganismos. Esse processo de degradação gera partículas em diferentes escalas meso, micro e nano, conhecidas como mesoplásticos, microplásticos e nanoplásticos, respectivamente (Costa *et al.*, 2016).

Entre essas partículas, os microplásticos e nanoplásticos são os mais impactantes no ambiente, pois, devido à sua grande área superficial, podem absorver compostos altamente tóxicos, como hidrocarbonetos e metais pesados. Essas partículas, uma vez disponíveis, podem comprometer funções ecológicas essenciais como alimentação e crescimento e serem absorvidas pelos organismos, atravessando barreiras imunológicas e afetando órgãos, tecidos e até mesmo a funcionalidade celular, causando efeitos tóxicos ou letais (Rafiee *et al.*, 2018).

A ingestão acidental de microplásticos pelos peixes ocorrer quando confundem o plástico com alimento, quando ele coexiste com seu alimento ou por meio da ingestão de presas que já consumiram plástico. Os hábitos alimentares e o habitat ocupado pelos peixes influenciam essa ingestão. Relatos indicam que peixes de diferentes guildas tróficas ingerem plástico, com variações no tamanho dos fragmentos ingeridos, associadas ao comportamento alimentar dos organismos: herbívoros ingerem mais plásticos do que onívoros e carnívoros (Andrade *et al.*, 2019). Devido à presença de partículas plásticas em seus itens alimentares pode causar diversos danos, como obstrução do trato digestivo e lesões nos tecidos gastrointestinais. Assim, estudos que avaliem a

presença e quantidade de microplásticos nos peixes são fundamentais, pois esses poluentes podem causar danos não só aos indivíduos, mas também às populações e comunidades marinhas. Além disso, os microplásticos podem se acumular em tecidos como o músculo, gerando preocupações em relação à segurança alimentar de pescados para a população humana (Campos *et al.*, 2019).

Diante dessa problemática e da carência de estudos relacionados à ocorrência de microplásticos em peixes, este trabalho tem como objectivo analisar o trato gastrointestinal dos peixes *Chanos chanos*, *Sardinella alba* e *Johnius dussumieri*, para verificar a presença de microplásticos, podendo contribuir para o entendimento dos impactos ambientais e da contaminação por microplásticos nos ecossistemas aquáticos, além de fornecer informações relevantes para a saúde pública e para a gestão sustentável das populações dessas espécies, que possuem grande importância econômica e ecológica.

## 1.2.Problemática

O lixo marinho, além de causar um impacto visual negativo nas praias e águas costeiras, também gera elevados custos para as autoridades responsáveis pela sua remoção e afeta negativamente as populações locais. Um dos principais problemas reside na fragmentação de plásticos de maiores dimensões, que dá origem às micropartículas de plástico, as quais podem ser ingeridas por organismos marinhos. Essas micropartículas têm a capacidade de absorver Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs), que são tóxicos tanto para os organismos que as ingerem quanto para os seus predadores, incluindo os seres humanos (Miranda & Carvalho, 2016).

Regiões costeiras como estuários apresentam contaminação por resíduos plásticos na água, contaminando espécies de peixes através da ingestão. A ingestão de microplásticos pelos peixes pode causar diversos danos, como obstrução do trato digestivo e lesões dos tecidos gastrointestinais (Ito e tal., 2022). Os microplásticos no conteúdo estomacal de peixes já vem sendo reportada, em especial para peixes pelágicos, uma vez que essas poluentes podem estar localizadas tanto na superfície quanto na coluna de água, onde essa ingestão pode ocorrer de forma acidental quando ingeridos, bioacumulam nos tecidos dos organismos, sendo posteriormente transferidos e amplificados ao longo da cadeia alimentar por meio da biomagnificação, afetando os níveis tróficos superiores, como os humanos, que estão no topo da cadeia (Campos *et. al* 2019)

A falta de conscientização da população em geral sobre o problema agrava ainda mais a situação, uma vez que o excesso de microplásticos pode aumentar a presença de outros poluentes como o POPs, que podem adsorver no plástico no ambiente marinho. Diante desse contexto, o presente estudo propõe investigar a seguinte questão central: "**Há ocorrência de microplásticos no trato**

## **digestivo dos peixes *Chanos chanos*, *Sardinella alba* e *Johnius dussumieri* no Icidua e Chuabo Dembe?**

### **1.3. Justificativa**

O problema dos plásticos marinhos possui um alcance global e diversas origens, como embarcações pesqueiras, indústrias e esgotos urbanos, que muitas vezes despejam resíduos diretamente no mar. Durante décadas, os oceanos têm sido tratados como reservatórios de resíduos inorgânicos, como os plásticos, que devido à sua natureza não biodegradável, possuem um longo tempo de degradação. A avaliação da ingestão de microplásticos por peixes de interesse comercial é fundamental para entender os impactos ecológicos e econômicos dessa poluição.

Esse estudo se justifica, primeiramente, pela necessidade urgente de compreender as consequências da poluição plástica nos ecossistemas marinhos e nos organismos que os compõem, especialmente em espécies consumidas pela população. Os plásticos podem causar danos diretos, como aprisionamento e asfixia de organismos marinhos, além de representarem uma ameaça à segurança alimentar e à saúde humana, devido à bioacumulação de compostos tóxicos nos peixes.

Ademais, o desenvolvimento desta pesquisa se torna essencial diante da falta de conscientização e sensibilização dos diversos atores envolvidos pescadores, indústrias, gestores e a população em geral sobre o impacto duradouro do plástico no ambiente marinho. Sem iniciativas como esta, corremos o risco de perpetuar os efeitos negativos dessa poluição para as gerações futuras. Portanto, investigar a ocorrência de microplásticos nos peixes do estuário dos Bons Sinais é uma acção necessária para contribuir com o conhecimento científico e para promover uma gestão mais sustentável dos recursos marinhos.

### **1.4.Objectivos**

#### **1.4.1. Objectivo geral**

- Analisar microplásticos no trato digestivo dos peixes (*Chanos chanos*, *Sardinella alba* e *Johnius dussumieri*) que ocorrem no estuário dos Bons Sinais.

#### **1.4.2. Objectivos específicos**

- Identificar a presença de microplásticos no conteúdo estomacal dos peixes *Johnius dussumieri*, *Chanos chanos* e *Sardinella alba* capturados no estuário Bons Sinais;
- Descrever a ocorrência de microplásticos dos peixes *Johnius dussumieri*, *Chanos chanos* e *Sardinella alba*, nas zonas de Icidua e Chuabo Dembe;

- Comparar a concentração de microplásticos no trato digestivo dos peixes *Johnius dussumieri*, *Chanos chanos* e *Sardinella alba* capturadas no Estuário dos Bons Sinais.

## CAPITULO II. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Poluição Marinha

A poluição no ambiente marinho é definida como qualquer substância ou energia introduzida pelo homem que resulte em danos aos seres vivos e à vida marinha, além de outros impactos negativos (Luz, 2018). Os resíduos sólidos alcançam o ambiente marinho a partir de diversas fontes, classificadas em origem marinha ou terrestre. A poluição de origem marinha inclui actividades realizadas no mar, como transporte, plataformas de extração de petróleo e gás, embarcações de pesca e lazer. Já a poluição de origem terrestre envolve actividades realizadas em terra, com a entrada de resíduos no mar através de rios, drenagens pluviais e ventos (Luz, 2018).

### 2.2. Poluição Marinha por Plásticos

O material plástico é composto por polímeros orgânicos derivados de fontes de petróleo e tornou-se imprescindível para a humanidade (Anderson *et al.*, 2016). Os plásticos chegam no meio marinho por meio de má gestão de resíduos sólidos descartados em rios, drenagens, ruas resultante da actividade humana e outras vias que conduzem directamente ao meio (Jambeck *et al.*, 2015).

Bioquimicamente, esses polímeros são considerados inertes, mas durante sua produção, são adicionados compostos químicos que geram riscos ao meio ambiente. Em ecossistemas aquáticos, esses aditivos podem afetar a biota, interferindo na mobilidade, reprodução e desenvolvimento dos organismos, além de atuarem como desreguladores endócrinos em peixes e invertebrados (Cole *et al.*, 2011).

Polímeros plásticos disponíveis no ambiente podem atuar como substrato para poluentes orgânicos persistentes (POPs) e metais pesados, amplificando os danos ambientais (Napper *et al.*, 2015). Além disso, esses materiais podem transportar bactérias, vírus e outros microrganismos patogênicos, facilitando a bioinvasão de ecossistemas não nativos. O plástico pode desencadear efeitos ecotoxicológicos na biota, causados pela bioacumulação em diferentes tecidos e pela biomagnificação, com possível transferência trófica nas cadeias alimentares, podendo alcançar os seres humanos através do consumo de organismos contaminados (Naik *et al.*, 2019).

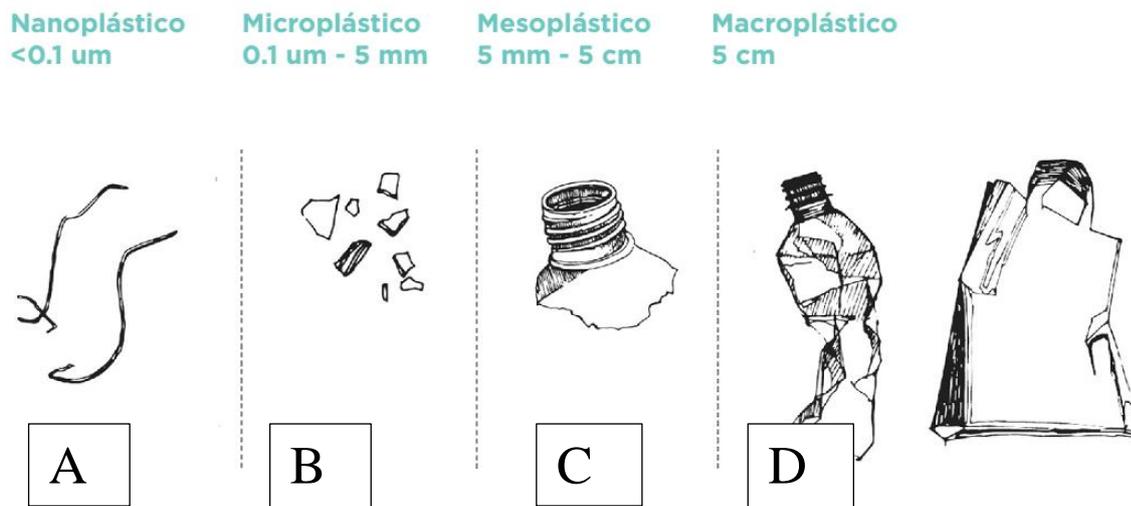
A poluição plástica é relatada em todos os oceanos e mares da Terra e é amplamente reconhecida como uma ameaça global à vida marinha e à economia das nações costeiras. A presença de plásticos pode degradar habitats bentônicos costeiros por sufocação, e embora esses materiais não sejam facilmente biodegradáveis, fragmentam-se em partículas menores quando expostos à luz ultravioleta e à abrasão física. Os microplásticos (<5 mm) podem ser primários (fabricados para

terem tamanho microscópico) ou secundários (resultantes da fragmentação de itens macroplásticos) (Silva *et al.*, 2018).

À medida que as partículas de plástico diminuem de tamanho, elas se tornam disponíveis para serem inadvertidamente consumidas por uma ampla gama de organismos marinhos. A ingestão de plásticos foi documentada em várias espécies de fauna marinha, principalmente aves e tartarugas, mas também em peixes, corais e outros invertebrados. O consumo de microplásticos por organismos na base das cadeias alimentares, como mexilhões e zooplâncton, levantou preocupações sobre o potencial de transferência de toxinas associadas ao plástico através das cadeias alimentares marinhas (Filho, 2021).

### 2.3. Microplásticos

Os microplásticos são definidos partículas de plástico com dimensões de até 5 mm como ilustra a figura 1b abaixo, sem um limite inferior estabelecido. A maioria dessas partículas resulta da fragmentação de plásticos maiores, que sofrem degradação fotoquímica e abrasão, permanecendo persistentes no ambiente. Eles podem estar flutuando na superfície, suspensos na coluna de água ou depositados nos fundos marinhos (Cole & Galloway, 2015; Fortin *et al.*, 2019). Os microplásticos podem ser de origem primária ou secundária e são insolúveis em água.



**Figura 1.** Dimensões de plásticos

A classificação dos microplásticos em primários e secundários está relacionada à sua origem. Os microplásticos primários são produzidos intencionalmente para uso direto ou na composição de outros produtos. Exemplos incluem microsferas usadas em produtos de cuidados pessoais, como esfoliantes e pastas dentífricas, fibras de tecidos sintéticos, pastilhas de resina virgem ou reciclada usada na indústria de embalagens e fabricação de objetos, e partículas utilizadas na lavagem abrasiva de máquinas e barcos (Ziajahromi *et al.*, 2017).

Por outro lado, os microplásticos de origem secundária são formados através de processos de degradação, como a fragmentação mecânica ou a foto-degradação, que reduzem sucessivamente o tamanho dos materiais plásticos. A facilidade com que esses materiais são degradados depende das características dos polímeros plásticos que os compõem e do ambiente onde se encontram (Masura *et al.*, 2015). Nos ambientes marinhos, a degradação por radiação solar e oxidação térmica são os processos principais que alteram as propriedades dos polímeros. A radiação solar, em particular, afeta a resistência mecânica dos plásticos que flutuam na superfície, enquanto a oxidação térmica é predominante para plásticos mais densos, que absorvem radiação ultravioleta na água (Andrady, 2003).

Como partículas plásticas, os microplásticos são compostos por polímeros orgânicos sintéticos, materiais com longas cadeias moleculares formadas por polimerização, com aditivos em sua constituição (Crawford, 1998). Características como leveza, durabilidade e resistência à corrosão levaram à produção em massa e ao uso extensivo do plástico em diversas aplicações (Cole *et al.*, 2011).

A poluição dos oceanos por microplásticos é extremamente preocupante devido à sua ubiquidade, persistência e potencial para atuar como vetores de exposição e transferência de compostos orgânicos persistentes altamente tóxicos. A dispersão e acumulação de plásticos é um problema global crescente, afetando todos os ambientes marinhos (Sobral *et al.*, 2011).

#### **2.4. Impacto Ambiental dos Microplásticos**

A presença abundante de microplásticos nos ecossistemas está causando sérios impactos ambientais. O que inicialmente era considerado um problema estético evoluiu para uma das principais causas de mortalidade de várias espécies, tanto marinhas quanto terrestres. A poluição dos oceanos por esses fragmentos é extremamente preocupante devido à sua ubiquidade, persistência e capacidade de atuar como vetores de exposição e transferência de compostos orgânicos persistentes, altamente tóxicos (Flores, 2021).

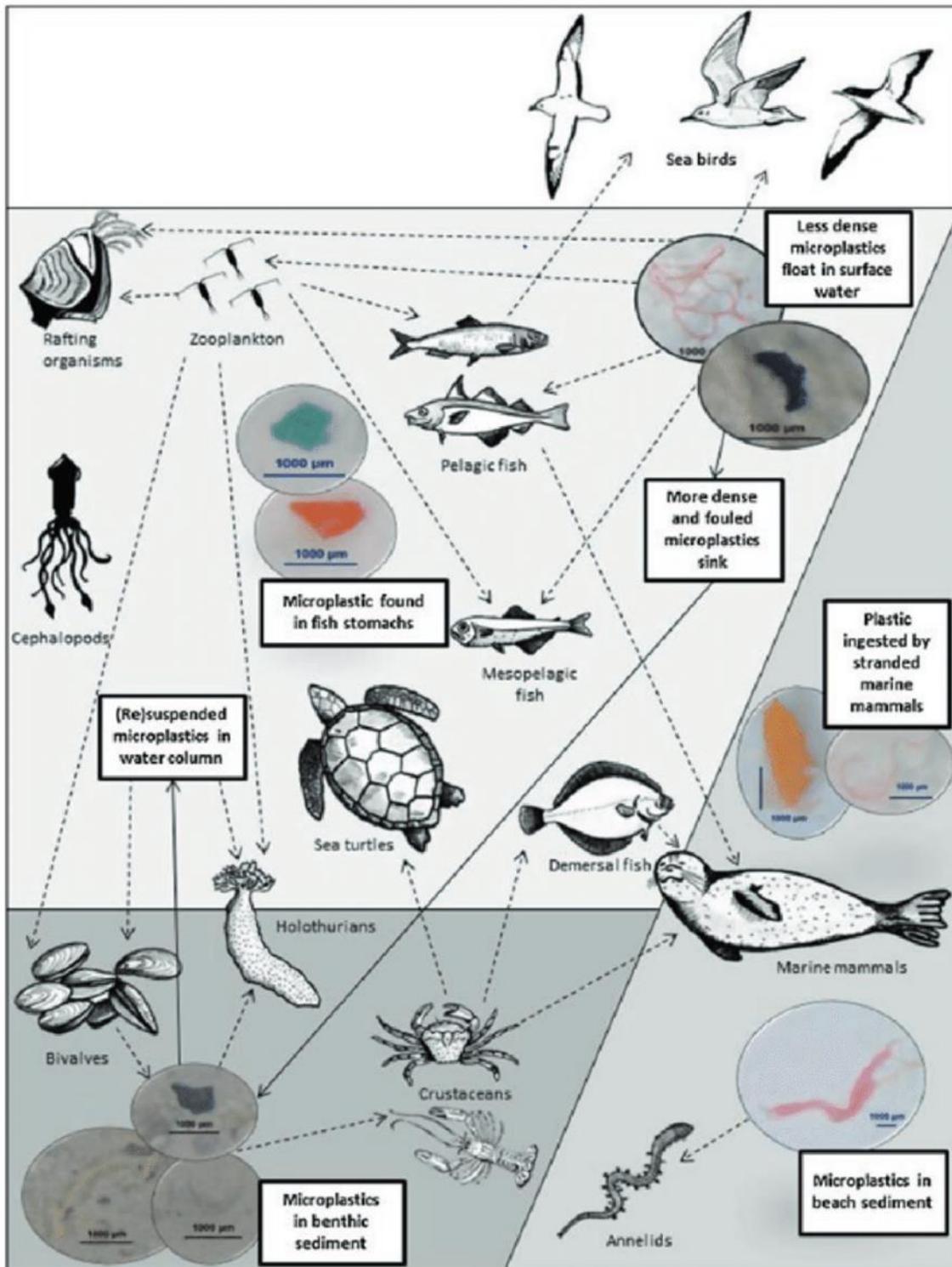
Entre os principais impactos dos microplásticos na biota marinha está a sua ingestão, já registrada em centenas de espécies marinhas de diferentes grupos, incluindo invertebrados, aves, tartarugas, mamíferos e peixes. A elevada disponibilidade de plásticos no ambiente pode levar à sua ingestão acidental ou intencional, causando impactos físicos, como falsa sensação de saciedade, desnutrição, alterações fisiológicas e comportamentais, além dos impactos químicos causados pelo contato com compostos tóxicos usados na fabricação dos plásticos ou adsorvidos à sua superfície (Neto, 2019).

Compostos tóxicos presentes na água podem ser adsorvidos nos plásticos, bioacumulando nos tecidos dos organismos e, eventualmente, sendo transferidos e amplificados por biomagnificação em níveis tróficos superiores, incluindo os seres humanos, que são consumidores no topo da cadeia alimentar (Setälä *et al.*, 2014).

## **2.5.Ciclo dos Microplásticos nos Organismos Marinhos**

A ingestão de microplásticos pelos organismos marinhos ocorre por diferentes razões. Os peixes podem confundir os microplásticos com itens alimentares, devido à co-ocorrência com seu alimento natural, ou ainda ingeri-los indiretamente ao consumir presas que já ingeriram plásticos. Os hábitos alimentares e o habitat dos organismos influenciam essa ingestão. Por exemplo, no Pacífico Sul, observou-se que peixes onívoros selecionaram fragmentos de cores que correspondiam aos seus itens alimentares (Ory *et al.*, 2017).

Além disso, foi registrada a transferência de microplásticos através da interação trófica em organismos planctônicos, do mesozooplâncton (nível trófico inferior) para o macrozooplâncton (nível trófico superior) (Setälä *et al.*, 2014). Em um estudo realizado com atuns (predador) e peixes-voadores (presa) na Ilha de Páscoa, foi observado que a presa ingerida pelo atum estava contaminada com microplásticos, evidenciando a transferência trófica entre predador e presa no ambiente natural (Chagnon *et al.*, 2018).



**Figura 2:** Interações dos microplásticos com as matrizes físicas e químicas no ambiente marinho

## 2.6. Estado de arte

Thompson, R. C., *et al.* (2009) realizou um estudo em várias regiões oceânicas globais, focado nos impactos dos plásticos em ambientes marinhos. A metodologia envolveu a revisão de literatura e análise de dados sobre a presença de plásticos nos oceanos, além de estudos de caso sobre seus efeitos na vida marinha. Foram coletadas amostras de plásticos e realizadas análises químicas para

investigar os aditivos presentes e seus impactos tóxicos. Os resultados mostraram que os microplásticos estão amplamente distribuídos nos oceanos e podem atuar como vetores para poluentes orgânicos persistentes, que são ingeridos por organismos marinhos, com possíveis efeitos nocivos que se propagam pela cadeia alimentar até os seres humanos. A conclusão foi de que os microplásticos representam uma ameaça significativa para a saúde dos ecossistemas marinhos e para a saúde humana, recomendando-se mais pesquisas sobre a toxicidade desses materiais e o desenvolvimento de políticas mais rigorosas para mitigar o descarte de plásticos nos oceanos.

Cole, M., *et al.* (2011) conduziu um estudo global, com foco em áreas costeiras impactadas por resíduos plásticos. A metodologia incluiu a revisão de estudos sobre a presença e impacto de microplásticos em organismos marinhos, além de experimentos de laboratório em que várias espécies foram expostas a microplásticos para avaliar os efeitos da ingestão e da bioacumulação. Os resultados revelaram que os microplásticos estavam amplamente presentes em diversos ambientes marinhos e eram ingeridos por uma grande variedade de organismos, desde invertebrados até aves marinhas. Essa ingestão resultou em danos físicos, como bloqueios no trato digestivo, e efeitos fisiológicos negativos, incluindo a redução da capacidade de alimentação. O estudo concluiu que a ingestão de microplásticos é uma ameaça grave à saúde marinha e pode representar um risco para a segurança alimentar humana, à medida que esses plásticos se acumulam em níveis mais baixos da cadeia alimentar e passam para níveis tróficos superiores.

Lusher, A. L., *et al.* (2017) realizou um estudo em várias regiões de pesca e aquicultura na Europa, Ásia e América do Norte, focando em ambientes costeiros. A metodologia envolveu a coleta de amostras de peixes e frutos do mar para análise da presença de microplásticos no trato digestivo dos organismos. Foram utilizados métodos laboratoriais para identificar e quantificar os microplásticos, além de análises químicas para verificar a presença de contaminantes associados. Os resultados mostraram que uma parte significativa dos peixes analisados continha microplásticos, especialmente em espécies comercialmente exploradas. A ingestão de microplásticos pode ocorrer diretamente ou por meio da cadeia alimentar, e está associada à transferência de poluentes tóxicos para os tecidos dos organismos. A conclusão foi que os microplásticos são uma preocupação crescente para a segurança alimentar em áreas com alto consumo de frutos do mar, sendo necessário realizar mais estudos sobre seus impactos de longo prazo na saúde humana e implementar políticas rigorosas para reduzir essa poluição.

## **2.7. Conceitos relativos ao aspecto técnico**

### **2.7.1. Testes Paramétricos para comparar populações a partir de Amostras Independentes**

No presente trabalho utilizou-se o teste de Mann-Whitney para comparação de duas médias populacionais, a partir de duas Amostras Independentes, visto que, foram violadas as condições de aplicação dos testes paramétricos, como é o caso de teste t-Student para comparação de duas médias populacionais, a partir de duas Amostras Aleatórias Independentes.

#### **2.7.1.1. Condições de Aplicação dos Testes Paramétricos**

Maroco (2007, p.133) afirma que para a aplicação do teste paramétrico deve-se verificar simultaneamente as seguintes condições: Distribuição Normal e as variâncias populacionais sejam homogêneas. Para testar a Normalidade, o teste mais utilizado é o teste de Kolmogorov-Smirnov enquanto para testar a homogeneidade das variâncias o teste de Levene é um dos mais potentes.

#### **2.7.1.2. Teste de Wilcoxon-Mann-Whitney**

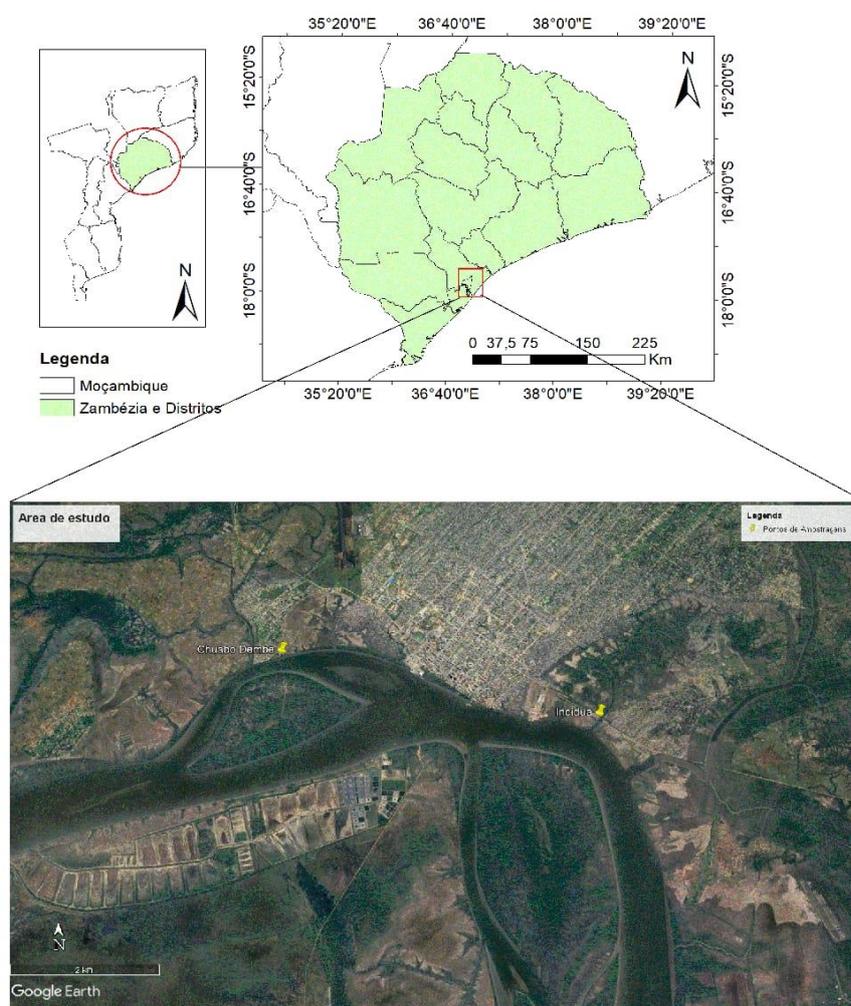
O teste de Wilcoxon-Mann-Whitney ou simplesmente teste de Mann-Whitney, é o teste não paramétrico adequado para comparar as funções de distribuição de uma variável pelo menos ordinal medida em duas amostras independentes. Este teste pode também ser utilizado como alternativa ao t-Student para amostras independentes, nomeadamente quando os pressupostos deste teste não são válidos e não é possível, ou desejável, evocar a robustez do teste à violação dos seus pressupostos. No caso em que as distribuições são normais, a eficiência assintótica do teste de Mann-Whitney é de 95,5% da eficiência do teste t-Student (SPSS, 2002 citado por Maroco, 2007).

Também, Da Fonseca & Martins (1996, p.240), “destacam que o teste de Mann-Whitney é aplicado para verificar se duas amostras independentes foram retiradas de populações com médias iguais, representadas por  $\mu$ ”.

## CAPITULO III. METODOLOGIA

### 3.1.Área de estudo

O estuário dos Bons Sinais está localizado na zona centro do país entre as coordenadas 17°52' 24.04" Sul e 036°51' 26.79" Este, na Província da Zambézia, onde faz fronteira a Oeste com a cidade de Quelimane e a Este com o distrito de Inhassunge (Chaia, 2015). O estuário possui uma profundidade média de cerca de 12 metros, largura média de 0,6 metros e uma extensão de 30 quilómetros. O clima da região é marcado por uma estação fria e seca entre os meses de Abril e Outubro, e uma estação quente e húmida de Novembro a Março (MAE, 2005). O estudo foi realizado no centro de pesca de Chuabo dembe entre as coordenadas 17° 52' 44.3" S e 36° 51' 45.0" E, e no centro de desembarque de Icídua entre as coordenadas 17° 53'12.03"S e longitude 36° 54'17.02"E.



**Figura 3.** Localização Geográfica da área de Estudo

### 3.2.Materiais

**Tabela 1.** Instrumentos e reagentes utilizados no experimento

<b>Instrumentos</b>	<b>Reagentes</b>
Balança analítica e de precisão	Hidróxido de Sódio (NaOH) a 10%
Bisturi	Água destilada
Placa de Petri	Álcool etílico a 70%
Garrafas de Vidro	
Papel de filtro/ papel de alumínio	
Estereoscópio Binocular (Lupa)	
Bomba de vácuo	
Ictiómetro	
Erlenmeyer	
Pinça	
Tesoura	
Estufa / Telefone / Luvas	

### 3.3.Amostragem

As amostras foram adquiridas directamente dos pescadores no Estuário dos Bons Sinais. Foram coletadas três espécies de peixes: Peixe Leite (*Chanos chanos*), Sardinha (*Sardinella alba*) e Macujana (*Johnius dussumieri*), com um total de 60 indivíduos. As amostras foram distribuídas igualmente entre as duas áreas de coleta, Icidua e Chuabo Dembe, com 30 peixes por área, sendo 10 de cada espécie. Imediatamente após a colecta, as amostras foram colocadas em sacos plásticos devidamente etiquetados e foram preservadas em colmem com gelo e posteriormente transportadas até ao laboratório da Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras, onde foram mantidas sob refrigeração e a posterior ocorreu a análise.

### 3.4.Procedimento laboratorial

No laboratório, as amostras foram descongeladas temperatura ambiente. Cada peixe foi dissecado com o uso de bisturi, tesoura e pinça, para a remoção do trato gastrointestinal, que foi colocado em um erlenmeyer fechado com papel de filtro.

A metodologia de digestão foi adaptada do estudo de Silva (2020), onde foi adicionada às amostras uma solução de hidróxido de sódio (NaOH) a 10% (117,49 g/l), em um volume de 10 ml. As amostras foram incubadas em uma estufa por 24 horas a 60°C, até a completa digestão da matéria orgânica. Após a digestão, o conteúdo foi filtrado com o auxílio de uma bomba de vácuo e papel de filtro com malha 200micras. Os filtros foram transferidos para placas de Petri identificadas, secadas em uma estufa a 40°C ou à temperatura ambiente e, em seguida, analisados com um estereoscópio (lupa) para a identificação dos microplásticos.

### **3.5. Identificação e Caracterização de Microplásticos**

Os papéis de filtro de cada amostra foram submetidos a uma inspeção visual detalhada para detectar a presença de microplásticos. A identificação dos microplásticos foi realizada utilizando uma lupa estereoscópica binocular. Durante a inspeção, foram observados aspectos como cor, rigidez e deformação dos itens quando pressionados com uma ponta de metal quente. Esses critérios ajudaram a distinguir os microplásticos de outros detritos.

Para a caracterização dos microplásticos, foi utilizada a definição de Frias e Nash (2019), que considera como microplásticos todas as partículas com tamanho inferior a 5 mm (5000 µm). Os conteúdos dos tratos gastrointestinais dos peixes foram analisados sob o microscópio estereoscópico para detectar e identificar qualquer plástico ingerido.

Os microplásticos identificados foram contabilizados individualmente para cada peixe e classificados de acordo com a sua forma (fibra, filamento, fragmento, esfera, grupo de fibras e outros) e cor (transparente, azul, preto, verde, vermelho, branco, multicolorido, outras).

### **3.6. Análise de Dados**

Os dados coletados foram analisados utilizando os softwares SPSS versão 22 e Excel 2016. A análise de dado foi realizada com o uso de estatística descritiva, que permitiu descrever e sumarizar as principais características dos microplásticos encontrados nas amostras. A estatística descritiva incluiu frequências e proporções para avaliar a quantidade de microplásticos por indivíduo, por espécie de peixe, e por área amostrada (Icidua e Chuabo Dembe). Essas medidas ajudaram a entender a distribuição dos microplásticos em termos de forma, cor, e quantidade presente no trato gastrointestinal dos peixes.

Para avaliar se havia uma diferença significativa na concentração de microplásticos entre as zonas de Icidua e Chuabo Dembe, foi aplicado o teste U de Mann-Whitney. Esse teste comparou as médias da quantidade de microplásticos ingeridos pelos peixes capturados em cada área, a fim de determinar se as diferenças observadas entre as zonas eram estatisticamente significativas. O nível

de significância adotado foi de 5% ( $p < 0,05$ ), o que significa que as diferenças foram consideradas estatisticamente significativas se a probabilidade de ocorrer ao acaso fosse menor que 5%.

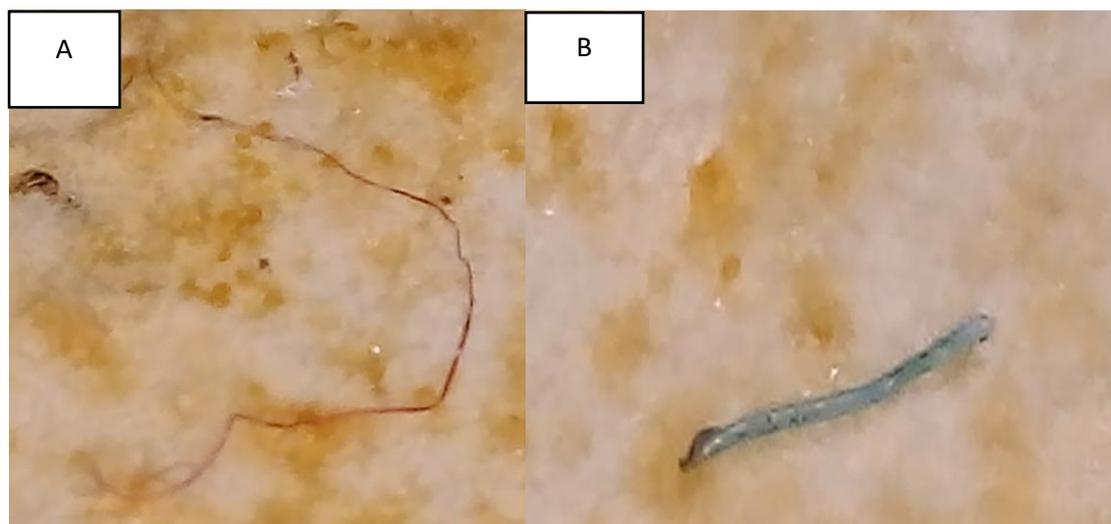
A análise dos dados iniciou-se com a verificação dos pressupostos para a aplicação do teste t: normalidade e homogeneidade de variâncias. Constatou-se que esses pressupostos não foram atendidos pelos dados. Diante desse cenário, optou-se por utilizar um teste não paramétrico, o teste de Mann-Whitney, para comparar as zonas, uma vez que este teste não exige os mesmos pressupostos dos testes paramétricos.

## CAPITULO IV. RESULTADOS

### 4.1. Identificação e Caracterização de Microplásticos

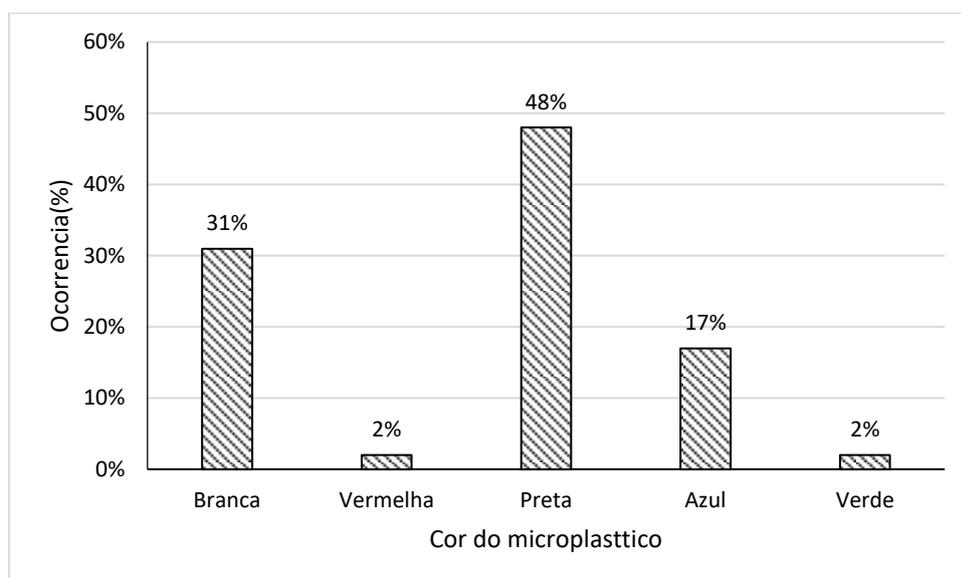
Das análises realizadas nos 60 tratos gastrointestinais das espécies de peixes *Johnius dussumieri*, *Chanos chanos* e *Sardinella alba*, foram identificados 54 itens de microplásticos. Todos os microplásticos encontrados foram classificados como fibras.

No trato digestivo dos peixes, foram encontradas fibras de várias cores, incluindo preto, branco, verde, azul e vermelho conforme ilustrado na Figura 4.



**Figura 4.** Fibras encontradas nas análises dos espécimes (**A** - fibra vermelha longa, fina e levemente ondulada e **B** - fibra azul em comparação com a vermelha, parece mais curta e ligeiramente mais espessa).

Dentre as diferentes cores de fibras microplásticas observados a cor com maior percentagem de ocorrência foi a cor preta com 48% seguida da cor branca com 32%. As cores de fibras de microplásticos com menor percentagem de ocorrência foram a cor vermelha e verde ambos com 2% conforme ilustrado na Figura 5.



**Figura 5.** Percentual das cores de microplásticos totais encontrados nos peixes estudados

#### 4.2. Ocorrência de microplásticos em espécies de peixes nas zonas de Icidua e Chuabo Dembe

A quantidade de microplásticos observados nos estômagos de *Sardinella alba*, *Johnius dussumieri*, *Chanos chanos* capturados em duas áreas do estuário dos Bons Sinais variou de 4% para 22%, sendo que a espécie *Sardinella alba* apresentou maior quantidade de microplásticos na área de Icidua, conforme ilustrado na Tabela 2. A partir dos resultados obtidos não há diferenças significativas ( $P > 0.05$ ) na ocorrência de microplásticos nas duas áreas estudadas.

**Tabela 2.** Quantidade de microplásticos nas diferentes espécies capturadas em Icidua e Chuabo Dembe

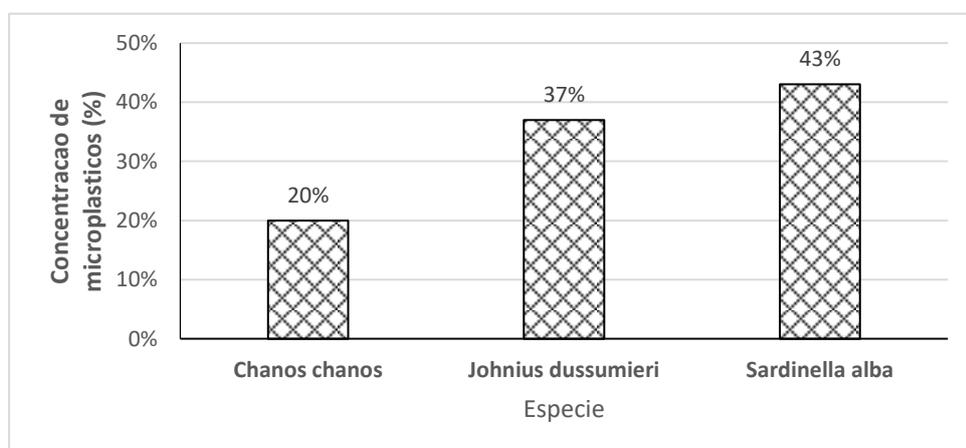
Espécie	Quantidade de microplásticos	
	Icidua	Chuabo Dembe
<i>Sardinella alba</i>	22%	20%
<i>Johnius dussumieri</i>	19%	19%
<i>Chanos chanos</i>	17%	4%

Chuabo Dembe apresentou 30 observações, assim como Icidua, totalizando 60 observações. Conforme ilustra a tabela 3 nos anexos, o posto médio de Chuabo Dembe foi de 28,02, indicando que, em média, os níveis de microplásticos nesta localidade são menores em comparação com Icidua, que teve um posto médio de 32,98. Essa diferença sugere que Icidua tende a ter uma quantidade maior de microplásticos.

### 4.3. Concentração de Microplásticos no Trato Digestivo das Espécies *Johnius dussumieri*, *Chanos chanos* e *Sardinella alba*

De um total de 60 estômagos analisados em duas áreas, 32 (53%) continham microplásticos, enquanto 28 (47%) não apresentavam microplásticos.

A Figura 6 abaixo mostra a concentração de microplásticos nas diferentes espécies analisadas, destacando que *Sardinella alba* foi a mais afetada, com 43% dos indivíduos contendo partículas de plástico. Em seguida, *Johnius dussumieri* apresentou 37%, enquanto *Chanos chanos* teve a menor incidência, com 20%. Existe uma diferença significativa ( $P < 0.05$ ) na concentração de microplásticos nas 3 espécies em estudo.



**Figura 6.** Concentração de Microplásticos no Trato Digestivo por espécie

## CAPÍTULO V. DISCUSSÃO

### 5.1. Identificação e Caracterização De Microplásticos

A análise dos resultados revelou uma presença significativa de microplásticos no trato gastrointestinal das três espécies de peixes estudadas: *Johnius dussumieri*, *Chanos chanos* e *Sardinella alba*, capturadas no estuário dos Bons Sinais. No total, 54 microplásticos foram identificados entre as 60 amostras analisadas, o que corresponde a uma alta incidência de ingestão de microplásticos pelos peixes dessa área, corroborando estudos prévios que mostram uma presença crescente de microplásticos em ambientes aquáticos devido à poluição humana (Frias & Nash, 2019). Esse dado é alarmante, considerando os potenciais impactos ecológicos e toxicológicos da ingestão de plásticos, não apenas para os organismos aquáticos, mas também para a saúde humana, conforme discutido por Li *et al.* (2020), que destacam os riscos de bioacumulação e transferência de toxinas pela cadeia alimentar.

Todos os microplásticos encontrados foram classificados como fibras, o que está de acordo com estudos semelhantes, como o de Silva *et al.* (2020), que mostram que fibras são uma das formas mais prevalentes de microplásticos ingeridos por organismos marinhos. A alta concentração de fibras pode ser explicada pela poluição contínua resultante de atividades humanas, como o descarte de roupas sintéticas, redes de pesca e outros produtos de plástico no ambiente aquático. Isso indica uma forte conexão entre as atividades antropogênicas e a contaminação do estuário (Thompson *et al.*, 2015).

A distribuição das cores dos microplásticos fornece uma visão mais detalhada sobre suas possíveis fontes. A predominância de microplásticos pretos (48%) e brancos (31%) sugere que esses materiais plásticos, geralmente associados a itens industriais, produtos de consumo e resíduos urbanos, estão amplamente presentes no ambiente aquático do estuário dos Bons Sinais (Browne *et al.*, 2011). Itens como pneus, plásticos industriais, e embalagens descartáveis de produtos de uso cotidiano podem ser grandes contribuintes para essa contaminação. Além disso, a presença de microplásticos azuis (17%) sugere uma contaminação proveniente de garrafas plásticas, redes de pesca e outros itens frequentemente utilizados na pesca comercial e recreativa (Andrady, 2011).

Os microplásticos vermelhos e verdes apresentaram as menores frequências, cada um representando apenas 2% do total. Isso pode estar relacionado à menor prevalência de plásticos dessas cores na região ou à sua menor taxa de degradação e fragmentação em comparação com outras cores (Rochman *et al.*, 2016). A baixa taxa de microplásticos vermelhos e verdes pode também indicar

que esses plásticos são menos propensos a serem ingeridos pelos peixes, possivelmente devido à sua visibilidade ou a diferenças nos hábitos alimentares das espécies, conforme observado por Rochman *et al.* (2014).

A presença desses microplásticos nas espécies estudadas levanta preocupações ecológicas importantes. A ingestão de microplásticos pode ter efeitos deletérios para os peixes, como obstruções gastrointestinais, danos aos tecidos internos, e alterações no comportamento alimentar, o que pode levar a uma redução na eficiência alimentar e ao comprometimento do crescimento e reprodução (Li *et al.*, 2020). Além disso, a retenção de microplásticos no organismo pode facilitar a bioacumulação de toxinas associadas aos plásticos, como metais pesados e poluentes orgânicos persistentes, que podem ser transferidos ao longo da cadeia alimentar (Browne *et al.*, 2011).

Esses resultados sugerem que as zonas de Icidua e Chuabo Dembe estão sujeitas a diferentes níveis de contaminação por microplásticos. Isso pode ser explicado por diferenças nos padrões de uso do solo, proximidade de áreas urbanas e industriais, além de factores como a hidrodinâmica do estuário, que podem influenciar a distribuição e concentração de microplásticos nessas regiões (Thompson *et al.*, 2015).

Os resultados deste estudo não só confirmam a presença de microplásticos nos peixes do estuário dos Bons Sinais, mas também revelam a diversidade de suas formas e cores, refletindo a complexidade da poluição plástica nesse ecossistema. A alta prevalência de fibras plásticas, combinada com a diversidade de cores, destaca a necessidade urgente de políticas de manejo para reduzir a poluição por plásticos nessa área, além de maior conscientização pública sobre os impactos ambientais dessa poluição (Frias & Nash, 2019). Esses achados também fornecem uma base sólida para estudos futuros sobre os efeitos da poluição por microplásticos em ecossistemas marinhos e em espécies que dependem diretamente desses ambientes para sua sobrevivência.

## **5.2.Ocorrência de microplásticos nas zonas de Icidua e Chuabo Dembe**

Os resultados do teste U de Mann-Whitney mostraram que, apesar de Chuabo Dembe apresentar um posto médio de 28,02 e Icidua um posto médio de 32,98, o valor p de 0,238 foi maior que o nível de significância de 0,05. Isso implica que não há evidência estatística suficiente para rejeitar a hipótese nula, ou seja, não há diferença significativa na quantidade de microplásticos entre os peixes das duas zonas.

Esses achados sugerem que a distribuição de microplásticos pode ser relativamente homogênea entre os locais analisados. Essa uniformidade pode ser atribuída a diversos factores, incluindo a

proximidade geográfica das duas áreas dentro do estuário dos Bons Sinais, que pode facilitar a dispersão de microplásticos de fontes comuns, como esgoto, lixo e actividades pesqueiras. Estudos anteriores já indicaram que a poluição por microplásticos tende a ser influenciada por práticas locais de gestão de resíduos e pela dinâmica das correntes aquáticas, que podem distribuir poluentes de forma mais ampla (Thompson *et al.*, 2015).

Outro ponto a ser considerado é que as condições ambientais semelhantes, como a presença de infraestruturas de controle de poluição e a natureza das actividades humanas em ambas as localidades, podem contribuir para a similaridade nos níveis de microplásticos encontrados. Embora Icidua tenha apresentado um posto médio maior, a ausência de diferença estatisticamente significativa sugere que a carga de microplásticos pode não ser suficientemente distinta entre as duas áreas para afetar a saúde dos peixes de maneira diferenciada.

Esses resultados são particularmente relevantes em um contexto de crescente preocupação com a poluição por plásticos nos ecossistemas aquáticos. A uniformidade nos níveis de microplásticos indica que, independentemente das diferenças observadas, ambas as localidades estão sob pressão semelhante em termos de contaminação plástica. Isso reforça a necessidade de uma abordagem regional para a gestão da poluição por microplásticos, visando mitigar suas fontes e impactos em todo o estuário.

A continuidade do monitoramento e estudo da presença de microplásticos em ambientes aquáticos é essencial para entender melhor suas implicações ecológicas e de saúde. O conhecimento obtido através de investigações como esta pode ser fundamental para o desenvolvimento de políticas públicas eficazes e para a conscientização sobre a poluição plástica, promovendo práticas sustentáveis tanto em nível local quanto regional.

### **5.3. Concentração de Microplásticos no Trato Digestivo**

Os dados mostram que *Sardinella alba* apresenta a maior concentração de microplásticos 43%, o que indica uma exposição mais elevada a esses poluentes. A literatura indica que a contaminação por microplásticos pode estar relacionada a hábitos alimentares e áreas de forrageamento específicas, que, por sua vez, influenciam a quantidade de poluentes ingeridos (Browne *et al.*, 2011; Lusher *et al.*, 2017).

A proximidade das percentagens entre *Johnius dussumieri* 32% e *Sardinella alba* 43% sugere que essas espécies podem compartilhar habitats e fontes de contaminação. A presença de microplásticos no trato digestivo de *Johnius dussumieri* também levanta preocupações sobre a saúde dos

indivíduos, uma vez que a ingestão de microplásticos pode afetar negativamente o crescimento e a reprodução, conforme demonstrado em estudos anteriores que correlacionaram a ingestão de plásticos com efeitos adversos em peixes (Rochman *et al.*, 2013).

Por outro lado, *Chanos chanos* apresenta uma percentagem significativamente mais baixa 20%, o que é revelador, pois isso indica que metade das amostras dessa espécie não continha microplásticos. Essa diferença sugere que *Chanos chanos* pode ter uma dieta ou um comportamento de forrageamento que minimiza a ingestão de poluentes ou que habita um ambiente menos afetado por microplásticos. Essa menor exposição pode ser positiva para a saúde da população dessa espécie, permitindo uma maior sustentabilidade e conservação, como discutido por Alomar e Hinder (2018), que destacam a importância de habitats saudáveis para a preservação das espécies marinhas.

Os resultados indicam que as duas primeiras espécies, *Johnius dussumieri* e *Sardinella alba*, estão mais vulneráveis à contaminação por microplásticos, enquanto *Chanos chanos* pode estar em uma situação mais favorável. Além disso, a presença de microplásticos no trato digestivo de peixes tem implicações que vão além da saúde individual das espécies. Os microplásticos podem atuar como vetores para contaminantes químicos, que podem bioacumular ao longo da cadeia alimentar e afetar organismos superiores, incluindo os humanos que consomem esses peixes (Hahladakis *et al.*, 2018). Portanto, é crucial que estratégias de monitoramento e gestão de resíduos sejam implementadas para mitigar a poluição por microplásticos nos ecossistemas aquáticos e proteger a saúde das espécies marinhas e, por extensão, a saúde humana.

## 6. Conclusão

Podemos concluir que a presença significativa desses microplásticos no conteúdo estomacal dos peixes analisados indica um alto nível de poluição no estuário. Maior parte dos peixes estudados apresentaram microplásticos, principalmente na forma de fibras, sendo a cor preta a mais abrangente, seguida por brancas, azuis e vermelhas.

As zonas de Icidua e Chuabo Dembe estão expostos a níveis semelhantes de contaminação. Essa uniformidade pode ser atribuída a factores geográficos e ambientais que influenciam a dispersão dos microplásticos, reforçando a necessidade de uma gestão ambiental que contemple toda a região do estuário.

Ao avaliar qual das espécies apresentava maior concentração de microplásticos, os *Sardinella alba*, apresenta a maior concentração de microplásticos, com 43% das espécies analisados contendo partículas de plástico em seus organismos. *Johnius dussumieri*, apresenta uma concentração intermediária, com 37% dos das espécies contaminados. E *Chanos chanos* com menor concentração entre as três espécies, com 20% dos indivíduos contaminados. Essa diferença sugere que as duas primeiras espécies têm maior exposição ou suscetibilidade à contaminação, possivelmente devido a seus hábitos alimentares e ao ambiente em que forrageiam. *Sardinella Alba*, no caso, é conhecida por se alimentar de pequenos organismos que podem ser confundidos com microplásticos, aumentando assim a probabilidade de ingestão. Além disso, a capacidade de *Johnius dussumieri* de adaptar sua dieta a diferentes fontes de alimento também pode torná-lo mais vulnerável a consumir microplásticos. Em contraste, *Chanos chanos*, com concentração de microplásticos mais baixa, pode estar se alimentando de presas que não estão associadas à contaminação plástica, ou pode viver em áreas menos afectadas. Esses resultados não apenas destacam a complexidade da contaminação por microplásticos no ecossistema marinho, mas também enfatizam a importância de monitorar as espécies mais afectadas para entender melhor os impactos na saúde das populações de peixes e, conseqüentemente, na cadeia alimentar humana.

## 7. Recomendações

- Equipar o laboratório de Química da Escola Superior das Ciências Marinhas e Costeiras com matérias e reagentes específicos para estudos de microplásticos, tais como: Espectrofotómetro, papel de filtro com malha de 200 micras e Hidróxido de potássio (KOH).
- Investigar as fontes específicas de microplásticos que estão contribuindo para a poluição no estuário.
- Realizar estudos adicionais sobre os efeitos da ingestão de microplásticos na fisiologia, crescimento e reprodução das espécies estudadas.
- Expandir a pesquisa para incluir outras espécies de peixes e organismos marinhos que habitam o estuário.
- Investigar se os microplásticos encontrados nos peixes estão associados a contaminantes químicos, como metais pesados e pesticidas.
- Desenvolver programas de sensibilização e educação para a comunidade local sobre os efeitos da poluição plástica.
- Estudar e implementar estratégias de mitigação, como a instalação de barreiras físicas para a captura de resíduos plásticos.

## 8. Referências bibliográficas

- Allsopp, M., Walters, A., Santillo, D., & Johnston, P. (2006). Detritos plásticos nos oceanos do mundo. Greenpeace.
- Andrade, F., Amaral, D., & Moraes, L. (2019). Ingestão de microplásticos por peixes comerciais no Hemisfério Sul. *Pesquisa Ambiental Marinha*, 145, 150-157.
- Andrady, A. L. (2003). *Plásticos e o Meio Ambiente*. John Wiley & Sons.
- Andrady, A. L., & Neal, M. A. (2009). Aplicações e benefícios sociais dos plásticos. *Transações Filosóficas da Royal Society B: Ciências Biológicas*, 364(1526), 1977-1984.
- Anderson, A. B., Thompson, R. C., & Moore, C. J. (2016). Plásticos no ambiente marinho. *Boletim de Poluição Marinha*, 111(1-2), 1-4.
- Campos, L., Henriques, B., Machado, L. M., & Carvalho, F. (2019). Efeitos dos microplásticos em peixes: Uma revisão sistemática sobre exposição e resultados. *Poluição Ambiental*, 248, 1-11.
- Carson, H. S. (2014). A influência da poluição por plásticos no ambiente marinho. *Cartas de Pesquisa Ambiental*, 9(8), 084014.
- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., & Galloway, T. S. (2011). Microplásticos como contaminantes no ambiente marinho: Uma revisão. *Boletim de Poluição Marinha*, 62(12), 2588-2597.
- Cole, M., & Galloway, T. S. (2015). Ingestão de microplásticos por zooplâncton no Nordeste do Atlântico. *Ciência e Tecnologia Ambiental*, 49(19), 11360-11366.
- Costa, M. F., Ivar do Sul, J. A., Silva-Cavalcanti, J. S., Araújo, M. C. B., Spengler, A., & Tourinho, P. S. (2016). Sobre a importância do tamanho dos fragmentos e pellets de plástico na linha de costa: Um retrato de uma praia brasileira. *Poluição Ambiental*, 218, 677-684.
- Crawford, R. J. (1998). *Engenharia de Plásticos*. Butterworth-Heinemann.
- Da Fonseca, J., & Martins, C. (1996). *Introdução à Estatística*. Lisboa: McGraw-Hill.
- Dallal, G. E., & Wilkinson, L. (1986). Uma aproximação analítica para a distribuição do estatístico de teste de Lilliefors para normalidade. *O Estatístico Americano*, 40(4), 294-296.
- Filho, J. A. M. (2021). Efeitos da ingestão de plásticos na fauna marinha. *Oceanografia e Biologia Marinha*, 25(3), 321-345.

- Flores, A. V. (2021). Microplásticos e ecossistemas marinhos: Impactos globais e soluções. *Revista de Ciência e Engenharia Ambiental*, 9(3), 215-227.
- Fortin, J., Gagné, F., & Pariseau, J. (2019). Ocorrência e efeitos dos microplásticos em ambientes aquáticos. *Ecotoxicologia e Segurança Ambiental*, 170, 391-397.
- Gall, S. C., & Thompson, R. C. (2015). O impacto dos detritos na vida marinha. *Boletim de Poluição Marinha*, 92(1-2), 170-179.
- Levene, H. (1960). Testes robustos para igualdade de variâncias. *Contribuições para Probabilidade e Estatística: Ensaio em Homenagem a Harold Hotelling*, 278-292.
- Lilliefors, H. W. (1967). Sobre o teste de Kolmogorov-Smirnov para normalidade com média e variância desconhecidas. *Revista da Associação Americana de Estatística*, 62(318), 399-402.
- Luz, S. (2018). *Poluição Marinha: Impactos e Soluções*. Editora Ambiental.
- Lusher, A. L., Hollman, P. C. H., & Mendoza-Hill, J. J. (2017). Microplásticos nas pescas e aquicultura: Estado do conhecimento sobre sua ocorrência e implicações para organismos aquáticos e segurança alimentar. *Documento Técnico de Pesca e Aquicultura da FAO*, No. 615.
- Maroco, J. (2007). *Análise Estatística: Com utilização do SPSS*. Lisboa: Edições Sílabo.
- Martinez, W. L., & Ferreira, J. T. (2010). *Estatística Aplicada: Métodos e Aplicações*. Rio de Janeiro: LTC.
- Masura, J., Baker, J. E., Foster, G. D., Arthur, C., & Herring, C. (2015). Métodos laboratoriais para a análise de microplásticos no ambiente marinho: Recomendações para quantificação de partículas sintéticas em águas e sedimentos. *Memorando Técnico da NOAA NOS-OR&R-48*.
- Miranda, D. A., & Carvalho, R. (2016). Poluição por microplásticos em ambientes marinhos: Impactos biológicos e potencial de bioacumulação. *Boletim de Poluição Marinha*, 105(1), 42-49.
- Naik, R. K., Dubey, V., & Murty, V. S. N. (2019). Microplásticos em organismos marinhos: Distribuição, impactos e desafios atuais. *Toxicologia e Farmacologia Ambiental*, 65, 26-33.
- Napper, I. E., Bakir, A., Rowland, S. J., & Thompson, R. C. (2015). Caracterização, quantidade e propriedades de sorção de microplásticos extraídos de cosméticos. *Boletim de Poluição Marinha*, 99(1-2), 178-185.
- Neto, J. R. (2019). Impactos da ingestão de microplásticos em organismos marinhos: Uma revisão. *Ecotoxicologia*, 28(5), 646-661.

Ory, N. C., Gallardo, C., Lenz, M., & Thiel, M. (2017). Ingestão de microplásticos por peixes no Giro do Pacífico Sul. *Boletim de Poluição Marinha*, 121(1-2), 501-507.

Rafiee, M., Dargahi, A., Abbasi, M., & Moazeni, M. (2018). Toxicidade de microplásticos em organismos aquáticos: Uma revisão dos efeitos biológicos. *Boletim de Poluição Marinha*, 137, 157-174.

Setälä, O., Fleming-Lehtinen, V., & Lehtiniemi, M. (2014). Ingestão e transferência de microplásticos na cadeia alimentar planctônica. *Poluição Ambiental*, 185, 77-83.

Sobral, P., Costa, M. F., & Santos, I. R. (2011). Plásticos no ambiente marinho: O lado obscuro de um presente moderno. *Ciência e Tecnologia Ambiental*, 45(16), 6697-6703.

SPSS (2002). *SPSS for Windows*. Chicago: SPSS Inc.

Steel, R. G. D., & Torrie, J. H. (1980). *Princípios e Procedimentos de Estatística: Uma Abordagem Biometrical*. Nova York: McGraw-Hill.

Thompson, R. C., Moore, C. J., Andrady, A. L., Gregory, M. R., Takada, H., & Teuten, E. L. (2009). Plásticos, o meio ambiente e a saúde humana: Consenso atual e tendências futuras. *Transações Filosóficas da Royal Society B: Ciências Biológicas*, 364(1526), 2153-2166.

United Nations. (2020). Marine litter: A global threat to marine life and ecosystems.

Ziajahromi, S., Neale, P. A., Rintoul, L., & Leusch, F. D. (2017). Estações de tratamento de águas residuais como via para microplásticos: Desenvolvimento de uma nova abordagem para amostrar microplásticos em águas residuais. *Pesquisa em Água*, 112, 93-99.

## Anexos

**Tabela 3.** Teste de normalidade

Testes de Normalidade							
	Local	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estatística	Df	Sig.	Estatística	df	Sig.
Quantidade de microplastico	Chuabo	0,290	30	,000	,698	30	,000
	Dembe						
	Icidua	0,225	30	,000	,836	30	,000

a. Correlação de Significância de Lilliefors

**Tabela 4.** Classificações

Classificações				
	Local	N	Postos de média	Soma de Classificações
Quantidade de microplastico	Chuabo Dembe	30	28,02	840,50
	Icidua	30	32,98	989,50
	Total	60		

**Tabela 4.** Teste U

Estatísticas de teste <sup>a</sup>	
	Quantidade de microplastico
U de Mann-Whitney	375,500
Wilcoxon W	840,500
Z	-1,180
Significância Sig. (2 extremidades)	0,238

a. Variável de Agrupamento: local

**Figura 7.** Estereoscópio Binocular (Lupa)



**Figura 8.** Amostras de Peixes

