

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
UNIDADE LITORAL NORTE  
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS: ÊNFASE EM GESTÃO AMBIENTAL MARINHA  
E COSTEIRA

**JAMILE ARRUDA DA LUZ**

**CARACTERIZAÇÃO DE MICROPLÁSTICOS EM CONTEÚDOS DE TRATOS  
GASTROINTESTINAIS DE PEIXES DO ESTUÁRIO DO RIO TRAMANDAÍ –  
LITORAL NORTE DO RIO GRANDE DO SUL ATRAVÉS DE DIGESTÃO DE  
TECIDOS BIOLÓGICOS.**

Imbé / Osório

2018

JAMILE ARRUDA DA LUZ

**CARACTERIZAÇÃO DE MICROPLÁSTICOS EM CONTEÚDOS DE TRATOS GASTROINTESTINAIS DE PEIXES DO ESTUÁRIO DO RIO TRAMANDAÍ – LITORAL NORTE DO RIO GRANDE DO SUL ATRAVÉS DE DIGESTÃO DE TECIDOS BIOLÓGICOS.**

Monografia apresentada como requisito para obtenção do título de bacharel em Ciências Biológicas com ênfase em Gestão Ambiental Marinha e Costeira na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul e Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientadora: Profa Me. Daiana Maffessoni

Co-orientadora: Profa Dra. Evelise Fonseca dos Santos

Osório

2018

### CIP - Catalogação na Publicação

da Luz, Jamile Arruda  
CARACTERIZAÇÃO DE MICROPLÁSTICOS EM CONTEÚDOS DE  
TRATOS GASTROINTESTINAIS DE PEIXES DO ESTUÁRIO DO RIO  
TRAMANDAÍ - LITORAL NORTE DO RIO GRANDE DO SUL ATRAVÉS  
DE DIGESTÃO DE TECIDOS BIOLÓGICOS. / Jamile Arruda da  
Luz. -- 2018.

49 f.

Orientadora: Daiana Maffessoni.

Coorientadora: Evelise Fonseca dos Santos.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto  
de Biociências, Curso de Ciências Biológicas: Gestão  
Ambiental Marinha e Costeira, Porto Alegre, BR-RS,  
2018.

1. Plástico. 2. Digestão. 3. Microplásticos. I.  
Maffessoni, Daiana, orient. II. dos Santos, Evelise  
Fonseca, coorient. III. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

**CARACTERIZAÇÃO DE MICROPLÁSTICOS EM CONTEÚDOS DE TRATOS GASTROINTESTINAIS DE PEIXES DO ESTUÁRIO DO RIO TRAMANDAÍ – LITORAL NORTE DO RIO GRANDE DO SUL ATRAVÉS DE DIGESTÃO DE TECIDOS BIOLÓGICOS.**

Monografia apresentada como requisito para obtenção do título de bacharel em Ciências Biológicas com ênfase em Gestão Ambiental Marinha e Costeira na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul e Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientadora: Profa Me. Daiana Maffessoni

Co-orientadora: Profa Dra. Evelise Fonseca dos Santos

Aprovada em:     /     /

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profª Dra. Daniela Mueller Lara  
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul

---

Profª Dra. Ester Wolff Loitzenbauer  
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul

OSÓRIO

2018

Por um mundo onde sejamos socialmente iguais,  
humanamente diferentes e totalmente livres.

(Rosa Luxemburgo, 1871 – 1919)

## AGRADECIMENTOS

Quando penso em toda minha trajetória acadêmica, me lembro primeiramente das pessoas que conheci, das pessoas que me ensinaram, das pessoas que me incentivaram e também das pessoas que me decepcionaram, com certeza sem elas eu não teria todas as formações que eu tenho dentro de mim hoje. Não posso deixar de agradecer aos meus pais, por terem me incentivado tanto a ir tão longe, a ir sempre mais longe, a ser sempre o melhor que eu poderia ser. Cada conquista minha é pensando em vocês e no quanto eu ainda posso fazer, porquê vocês me ensinaram a ser assim. Paulo, meu pai, obrigada por todos os puxões de orelha, por todas as vezes que tu me fizeste refazer alguma coisa, que tu me olhaste com aqueles olhos que dizem: “Mila, isso não tá certo.” E obrigada por todas as vezes que tu me olhaste com os olhos que concordam e sentem no fundinho um orgulho da filha de coração que tu criaste e aprendeu a amar, como já disse uma vez, foi maravilhoso poder cultivar esse sentimento por ti e junto contigo. Obrigada por ser esse pai e esse vô tão especial. Eu te amo.

A minha mãe e minha irmã, um agradecimento especial: Carrego vocês comigo, e eu carrego no meu coração. Obrigada minhas raízes, por vocês estarem sempre com lágrimas nos olhos por mim, por não soltarem nunca minhas mãos, por ser meu melhor contato. Obrigada à vida por ter me colocado no caminho de vocês duas, mulheres maravilhosas, guerreiras, que me ensinaram sempre a importância de ir atrás do que eu queria. Metade da minha vida, metade das minhas conquistas, metade do que eu sou, tem o dedinho de vocês. Obrigada por isso. Amo vocês além dessa vida.

Ao meu irmão, que me ensinou o que é ser irmã mais velha e me ensinou a amar alguém mesmo com todos os defeitos do mundo. Tu és o homem da minha vida, e eu vou estar do teu lado em todos os momentos da tua vida, pra tudo que tu precisar. Sinto um orgulho enorme de ti e morro de amor do orgulho que tu sente de mim. Obrigada por existir meu amor. Te amo pra sempre.

Ao meu namorado e companheiro de vida, obrigada por toda paciência, por todo amor, por toda dedicação e por todo aprendizado desses anos juntos. Obrigada pelo incentivo, por sonhar comigo, e por todos os planos feitos dentro do carro nas idas e vindas da praia, por todos os mates na beira, por todas as muitas horas me ouvindo contar incessantes histórias motivadoras da biologia. Obrigada por notar quando meu olho brilha e por incentivar cada vez mais esse brilho. Eu amo dividir minha vida contigo. Obrigada por ter plantado a sementinha de criar uma família em mim, e por ter me dado nossa filha, Elisa. Melhor presente que poderia ter em todos esses anos. Ela nos mudou, nos fez ser pessoas mais sensatas, mais seguras, mais felizes. Obrigada por todo companheirismo, todo o crescimento e tudo o que vivemos. Só gratidão a esses quase seis anos juntos. Eu te amo.

As minhas orientadoras, Daia e Eve, só gratidão por ter vocês por perto. Obrigada por tudo.

A todos os colegas de formação, alguns que viraram amigos que certamente levarei para a vida, obrigada por me ensinarem a ser e reconhecer quem eu sou, obrigada por me ensinarem sobre a biologia e sobre a vida, sou eternamente grata por tudo o que vivemos juntos. Foram sem dúvida os melhores anos da minha vida!

## RESUMO

Hoje em dia os plásticos são considerados poluentes emergentes no meio ambiente marinho, sendo caracterizado como 60% a 80% de todo o lixo encontrado nos oceanos. A degradação dos polímeros está diretamente relacionada ao tipo de aditivos que são adicionados, com o intuito de fornecer diferentes características aos polímeros possibilitando sua aplicação em diferentes áreas. A exposição desses polímeros a intempéries e fatores físico-químicos no ambiente marinho faz com que o material plástico vá se fragmentando e assumindo diferentes tamanhos, de microplásticos (>5mm), a nano partículas plásticas (incapazes de serem medidas), ou filamentosas (microfibras plásticas) (~1µm). Essa diferenciação de tamanho que esses materiais podem assumir permite que os mesmos estejam presentes em praticamente todos os níveis da cadeia trófica ao serem ingeridos pelos grandes mamíferos ou peixes, até associarem-se a cadeias de fitoplâncton ou zooplâncton. Com o objetivo de identificar a presença desses materiais em peixes do estuário do Rio Tramandaí, no Litoral Norte do Rio Grande do Sul, foram coletados 21 indivíduos, de seis espécies diferentes. Os tratos gastrointestinais (TGI) dos peixes foram analisados através do método de digestão de material biológico com a utilização de hidróxido de potássio (KOH), aperfeiçoando metodologias já descritas com o mesmo reagente. A caracterização dos materiais foi via micro infravermelho. O teste de digestão mostrou-se eficiente com a adição de temperatura (50°C) e agitação durante 3 horas. Dos 21 peixes analisados, apenas um deles não apresentou contaminação. Foram encontrados no TGIs 116 microplásticos, sendo 115 microfibras plásticas (MF) de diferentes coloração (azul, branca, preta, vermelha e verde) e um fragmento. A maior quantidade de fibras estava presente nas Tainhas, que pode estar atribuído ao tipo de habitat e hábitos alimentares da espécie. A caracterização via micro infravermelho mostrou que há fortes indícios de que as MFs pretas e vermelhas sejam o polímero PET e as MFs azuis e verdes sejam poliamida. Porém para uma confirmação exata do material, devem ser feitas análises térmicas e termogravimétricas. No entanto, fica comprovada a contaminação dos peixes do estuário do Rio Tramandaí por microfibras plásticas.

**Palavras-chave:** Plástico. Digestão. Microplásticos.

## ABSTRACT

Nowadays plastics are considered emerging pollutants in the marine environment, being characterized as 60% to 80% of all waste found in the oceans. The degradation of the polymers is directly related to the type of additives that are added, with the purpose of providing different characteristics to the polymers allowing their application in different areas. Exposure of these polymers to weathering and physico-chemical factors in the marine environment causes the plastic material to fragment and assume different sizes, from microplastics (> 5mm), to nano plastic particles (unable to be measured), or filaments (microfibers plastic) (~ 1µm). This size differentiation that these materials can assume allows them to be present at virtually all levels of the trophic chain when ingested by large mammals or fish until they are associated with phytoplankton or zooplankton chains. In order to identify the presence of these materials in fish of the Tramandaí River estuary, in the Northern Coast of Rio Grande do Sul, 21 individuals from six different species were collected. The gastrointestinal tract (GIT) of the fish was analyzed by the method of digestion of biological material with the use of potassium hydroxide (KOH), improving methodologies already described with the same reagent. The material characterization was via micro infrared. The digestion test proved to be efficient with the addition of temperature (50 ° C) and stirring for 3 hours. Of the 21 fish analyzed, only one of them showed no contamination. A total of 115 microplastic microfibers (MF) of different coloration (blue, white, black, red and green) and a fragment were found in the TGIs 116 microplásticos. The greatest amount of fiber was present in the mullet, which may be attributed to the habitat type and feeding habits of the species. The micro-infrared characterization showed that there are strong indications that the MFs found are PET and poliamida, but for an exact confirmation of the material, thermal and thermogravimetric analyzes must be carried out.

**Keywords:** Plastics. Digestion. Microplastics.



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Mapa da área de execução do trabalho (coleta de indivíduos);
- Figura 2:** Processo de digestão de material biológico e filtração das amostras;
- Figura 3:** Microscópio Nicolet acoplado ao Infravermelho.
- Figura 4:** Percentual de fibras encontradas em cada espécie;
- Figura 5:** Fibras encontradas nos peixes analisados;
- Figura 6:** Relação do habitat com a quantidade de fibras encontradas;
- Figura 7:** Relação do hábito alimentar com o número de fibras encontradas;
- Figura 8:** Espectros das fibras azul e verde indicando Poliamida, preta e vermelha indicando PET;
- Figura 9:** Espectros MFs pretas e vermelhas;
- Figura 10:** Espectros MFs azuis e verdes.

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1:** Tipos de polímeros, características e aplicações;
- Tabela 2:** Espécies e total de indivíduos coletados;
- Tabela 3:** Espécies coletadas e número de fibras encontradas por espécie;
- Tabela 4:** Porcentagem e quantidade de fibras por cor;
- Tabela 5:** Relação espécies, tipos de habitat e hábito;
- Tabela 6:** Peso dos TGI e quantidade de fibras encontradas por espécie;
- Tabela 7:** Atribuições de identificação das poliamidas;
- Tabela 8:** Identificação dos grupos funcionais das MFs.

## **LISTA DE ABREVIACÕES**

**ABRELPE** - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

**PERS – RS** - Planilha Estadual de Resíduos Sólidos do Rio Grande do Sul

**FEPAM** – Fundação Estadual de Proteção Ambiental

**RSU** – Resíduos Sólidos Urbanos

**IPEA** - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

**ODS** – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

**ONU** – Organização das Nações Unidas

**ABIPLAST** - Associação Brasileira da Indústria do Plástico

**PP** - Polipropileno

**PS** - Poliestireno

**PE** - Polietileno

**PET** – Polietileno de Tereftalato

**PVC** – Policloreto de Vinilo

**TGI** – Tratos Gastrointestinais

**MP** – Microplásticos

**MF** – Microfibras

**MMA** – Ministério do Meio Ambiente

**FTIR** – Espectrometria de Infravermelho.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>1.1. Geração de resíduos e poluição</b> .....	11
<b>1.2. Polímeros</b> .....	13
<b>1.3. Poluição marinha</b> .....	15
<b>1.4. Microplásticos</b> .....	17
<b>1.5. Fibras plásticas</b> .....	19
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	20
<b>2.1. Objetivo geral</b> .....	20
<b>2.2. Objetivos específicos</b> .....	20
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	21
<b>3.1. Área de estudo</b> .....	21
<b>3.2. Coleta de material / indivíduos</b> .....	22
<b>3.3. Teste de digestão de material biológico, quantificação e qualificação</b> .....	24
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	26
<b>4.1. Digestão dos tecidos biológicos</b> .....	26
<b>4.2. Quantificação dos microplásticos amostrados</b> .....	27
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	38
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	40

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. Geração de resíduos e poluição

De acordo com a Política Nacional do Meio Ambiente (Lei 6.938/81), a poluição é originária da degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que prejudicam a saúde, a segurança e o bem-estar da população. De acordo com Tinoco e Kraemer (2011) *apud* Wissman (2014) a maior degradação ambiental é proveniente do aumento exacerbado da urbanização e das tecnologias de produção. Lixo é entendido como o conjunto de materiais não aproveitados das atividades humanas ou gerados pela natureza e descartados sem utilização.

Segundo a ABRELPE (Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais) (2017), os 1.191 municípios da região Sul geraram, em 2017, cerca de 22.429 toneladas/dia de resíduos sólidos urbanos (RSU), confirmando um aumento de 1,36% do ano de 2016 para 2017. RSU são os resíduos domiciliares, produzidos em residências e no comércio (quando semelhante ao resíduo domiciliar). Além dos RSU, de acordo com a Planilha Estadual de Resíduos Sólidos do Rio Grande do Sul (PERS-RS, 2014) ainda existem outros tipos de resíduos tais como os provenientes de serviços de saneamento, da área da saúde, da construção civil, da mineração, de transportes, industriais e agrossilvipastoris. Segundo o PERS, os RSU do Estado são compostos em sua maior parte por matéria orgânica (60%), 25% por material reciclável seco e apenas 15% do que é produzido é classificado como rejeito. Quanto à disposição final destes resíduos, cerca de 70% são dispostos em aterros sanitários, 18% em aterros controlados e 12% são dispostos em lixões. O número de municípios da região Sul com a iniciativa de coleta seletiva vem aumentando, passando de 1.070 em 2016 para 1.078 em 2017, embora ainda haja 47% dos municípios do estado sem sistema de coleta seletiva e 8% sem qualquer informação sobre o assunto. O lixo orgânico gerado também poderia ser direcionado para um sistema de compostagem, produzindo material orgânico para diferentes aplicações direcionadas aos municípios onde fossem produzidos.

Cerca de 16,2% da população gaúcha de 93 municípios, ainda faz ou convive com a disposição inadequada dos RSU em lixões (PERS-RS, 2014). Os lixões são a maneira mais incorreta de disposição dos resíduos uma vez que são caracterizados por áreas a céu aberto onde os resíduos são simplesmente descartados, sem nenhum tipo de prevenção ambiental ou impermeabilização do solo. Quando dispostos desta maneira, a produção de um líquido de odor desagradável denominado chorume pode causar problemas de saúde pública, pois contribui com

a proliferação de vetores de doenças (moscas, mosquitos, baratas e ratos, etc.) e, principalmente a poluição do solo e das águas superficiais subterrâneas. Esse líquido, denominado chorume ou lixiviado pode ter um potencial de contaminação até 200 vezes superior ao esgoto doméstico (AZEVEDO et al., 2015). De forma geral, os lixões agravam a poluição do ar, do solo, das águas subterrâneas que servem de abastecimento em diversas regiões e ainda causam um impacto visual muito grande. O aterro sanitário, o qual se difere por apresentar impermeabilização, é a forma de disposição final ambientalmente mais adequada para os resíduos sólidos urbanos (RIBEIRO e ROOKE, 2010).

Segundo o IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada) em 2010, o Brasil perde oito bilhões por ano por não reciclar seus materiais. Certamente, se houvesse um maior investimento em reciclagem, a quantidade de resíduos destinados ao aterro sanitário diminuiria. Tanto no lixão quanto no aterro sanitário há materiais que podem ser comercializados e gerar receita. Desse modo, a reciclagem pode se tornar o sustento para famílias, gerar fonte de renda, amenizando os impactos ambientais e aumentando a vida útil dos aterros (LAMENDOLA, 2018).

Os materiais descartados perto dos cursos d'água, além de transmitirem doenças, são os principais responsáveis pela poluição hídrica. Segundo a Agência Europeia do Ambiente, a cada ano, 10 milhões de toneladas de lixo vão parar nos oceanos no mundo inteiro. Por causa disso, muitos animais marinhos estão morrendo por ingestão de resíduos e asfixia (LAMENDOLA, 2018).

De acordo com Derraik (2002), Islam e Tanaka (2004) e Moore (2008), o plástico tem recebido maior atenção nas últimas décadas com evidência do seu aumento no meio marinho correspondendo com 60% a 80% do lixo encontrado nesses ambientes. As principais fontes de poluentes são de origem doméstica, industrial, portuária e agrícola (TANAKA e ISLAM, 2004). Muitas atividades poluentes são realizadas no interior do continente e também alcançam os oceanos através da drenagem das bacias hidrográficas e arregrados pela atmosfera (DERRAIK, 2002; JAMBECK *et al.*, 2015). Atualmente, não existe área no planeta que não seja afetada pela influência das atividades humanas (HALPERN et al., 2008).

Os indicadores apresentados pela ABRELPE demonstram que os recursos aplicados na área de resíduos têm apresentado relativo crescimento e que os impactos gerados a partir da geração de resíduos podem exigir uma política de coleta e de destinação diferenciadas das que já existem hoje, até mesmo um impulso financeiro que tende a aumentar (WISSMAN *et al.*,

2014). A redução da geração de lixo é um importante fator que contribui para a minimização dos problemas ambientais (COHEN *et al.*, 2018). Com vistas a obter uma menor produção de plásticos, se tem investido, principalmente em algumas cidades litorâneas e alguns grandes centros, nas políticas de redução do uso do plástico. Acredita-se que reduzindo o consumo diminui-se também o descarte inadequado e a poluição por estes resíduos.

Segundo a ONU (Organização das Nações Unidas) em agosto de 2015 foram concluídas as negociações que culminaram na adoção dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS). De acordo com o mandato emanado na Conferência Rio+20, as ODS deverão orientar as políticas nacionais e as atividades de cooperação internacional nos próximos 15 anos. Dentro desses objetivos estão incluídos: água limpa e saneamento, cidades e comunidades sustentáveis, consumo e produção sustentáveis, cuidados com a vida de baixo d'água e acima da terra (ONU-BR, 2018). Relacionado a estes objetivos, ou apenas com o intuito de reduzir parcialmente o impacto ambiental dos plásticos no ambiente, diversas cidades têm aprovado legislações que proíbem a utilização de canudos plásticos em boates, bares, hotéis e restaurantes. Além da questão dos canudos plásticos, há também um grande interesse da população em consumir produtos biodegradáveis, que não ofereçam grandes impactos ambientais e que não possuam tipos de aditivos ou conservantes químicos, principalmente produtos de uso diário substituindo os copos plásticos em universidades ou empresas por canecas e copos pessoais de material não descartável, por exemplo.

## **1.2. Polímeros**

Mais de 80% de todo o lixo encontrado no ambiente marinho é formado por materiais poliméricos e aproximadamente 85% é oriundo de fontes terrestres (CHESHIRE *et al.*, 2009). Os polímeros são macromoléculas compostas por inúmeras unidades repetitivas, os meros. A matéria-prima dos quais os polímeros são formados são os monômeros, ou seja, uma molécula pequena contendo apenas uma unidade de repetição. Esses materiais apresentam elevada massa molecular que acarreta em grande variedade de propriedades físicas (CANEVAROLO e SEBASTIÃO, 2002). Dessa maneira, os polímeros são materiais plásticos de origem fóssil que apresentam além de elevada durabilidade, extrema versatilidade e ótimas propriedades mecânicas. Dependendo das características do polímero, mais precisamente de sua estrutura química, os polímeros podem ser divididos em plásticos, borrachas e fibras. Com isso, de maneira vantajosa, são produzidos comercialmente diferentes tipos (grades) de polímeros para atender uma dada aplicação específica. Atualmente, os materiais poliméricos estão inseridos

em diversas áreas como em produtos de usos domésticos, construção civil, embalagens, etc. Contudo, o uso acelerado e o grande número de rejeitos gerados, fez dos polímeros o grande vilão de problemas ambientais.

Mais de um terço do consumo está em aplicações de embalagem e outro terço ou mais em produtos de construção, incluindo produtos comuns, como tubos de plástico ou revestimento de vinil. Nos países em desenvolvimento, os padrões de uso podem diferir ligeiramente; por exemplo, na Índia, 42% do consumo de resina foi reportado no setor de embalagens (MUTHA *et al.* 2006). Aplicações automotivas e fabricação de brinquedos / móveis usam volumes menores, mas significativos, de plásticos. O uso de plásticos no mundo em desenvolvimento está aumentando, pois, o custo unitário é mais baixo (ANDRADY e NEAL, 2009).

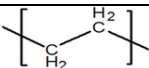
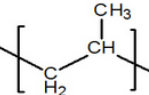
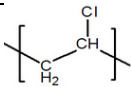
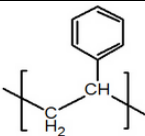
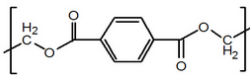
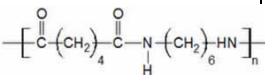
Aproximadamente 311 milhões de toneladas de plástico foram produzidas apenas em 2014, e a produção está aumentando de forma constante todos os anos. De acordo com ABIPLAST (Associação Brasileira da Indústria do Plástico), para o ano de 2018, projeta-se um aumento de 3% na produção física de plástico quando comparado ao ano de 2017 que finalizou o ano com aumento de 2,5%. Além de aumentar cerca de 4,5% o índice de consumo, também em relação ao ano de 2017.

A degradação dos plásticos está diretamente ligada às propriedades dos polímeros e às condições químicas, físicas e biológicas aos quais são submetidos ao longo do tempo (UNEP, 2016). Especificamente no ambiente marinho, a degradação iniciada pela radiação solar ultravioleta se torna mais positiva em locais onde o plástico está exposto ao ar ou na superfície das praias, ainda assim o prazo para degradação de um material plástico não é bem definido, levando em consideração a quantidade e a diversidade de aditivos que são adicionados aos polímeros. Entretanto, quando o material encontra-se flutuando ou afundado na água, a degradação é severamente retardada. Isto ocorre em função das baixas temperaturas e pouca concentração de oxigênio, que é pior em zonas mais profundas. Ademais, a desaceleração da degradação também ocorre em função da incrustação de pequenas colônias e organismos que protegem o material das intempéries e, eventualmente, acarretam no seu afundamento (ANDRADY, 2011).

Existem diferentes tipos de polímeros sendo que os mais utilizados são o polietileno (PE) e o polipropileno (PP), que juntamente com policloreto de vinila (PVC) e o poliestireno (PS) correspondem a aproximadamente 90% da produção total de polímeros. Estas matrizes englobam os polímeros convencionais (commodities), ou seja, aqueles polímeros de baixo custo e elevada produção. Classificados como material de engenharia, aqueles que possuem um nível

de exigência maior, encontra-se o polietileno-tereftalato (PET) e as poliamidas (Nylons em geral) que também estão inseridas em diversos ramos de aplicações (ANDRADY & NEAL, 2009). A Tabela 1 abaixo compila características e aplicações destes principais polímeros encontrados no dia a dia.

Tabela 1: Sigla, Estrutura do mero, Características e Aplicações Típicas de alguns Polímeros.

Nome	Sigla	Mero	Características	Aplicações
<b>Polietilenos</b>	PE		Isolante elétrico, flexível, leve e transparente, pouco resistente à intempéries.	Embalagem de alimentos e produtos de higiene, tubos para irrigação, isolamento de fios, embalagens flexíveis, brinquedos.
<b>Polipropileno</b>	PP		Resistente à alta temperatura, boa resistência química, baixo custo.	Fabricação de peças com dobradiças, autopeças, fibras, monofilamentos em embalagens de alimentos, garrafas esterilizáveis.
<b>Policloreto de Vinila</b>	PVC		Versatilidade devido aos aditivos: plastificantes, lubrificantes, estabilizantes, temperatura.	Mangueiras em geral, tubos e conexões, construção civil em geral, indústria de calçados, bolsas, bisnagas.
<b>Poliestirenos</b>	PS		Excelentes propriedades elétricas e clareza óptica, boa estabilidade térmica, barato.	Copos, pratos, talheres, brinquedos, produtos para escritório, cabides, etc.
<b>Polietileno Tereftalato</b>	PET		Amorfo, alto ponto de fusão, excelente resistência ao impacto.	Filamentos (fios para tecelagem), filmes radiográficos, laminados para impressão, embalagem para cozimento, garrafas de bebidas, cosméticos e produto de limpeza.
<b>Poliamidas</b>	PA		Boa resistência mecânica, resistência à abrasão e tenacidade, absorvem água e outros líquidos.	Tecidos e tapetes, cabos para montanhismo, linhas de pesca e substituto de metais em engrenagens.

Fonte: ABIPLAST 2017 e Callister

### 1.3. Poluição marinha



A poluição no ambiente marinho é definida como qualquer substância ou energia introduzida pelo homem, que resulta em danos aos seres vivos e à vida marinha, entre outros (MOORE, 2008).

Os resíduos sólidos chegam ao ambiente marinho por diversas fontes classificadas como de origem marinha ou terrestre (PRUTER, 1987; CHESHIRE et al., 2009). A poluição de origem marinha é composta por atividades realizadas no mar, de transporte, plataformas de extração de petróleo e gás, embarcações de pesca e lazer (CHESHIRE et al., 2009) e a de origem terrestre por atividades realizadas em terra, tendo como meios de entrada rios, drenagens pluviais e ventos (CHESHIRE et al., 2009). Apesar de presente nos mares em todo o mundo, o lixo marinho pode ser encontrado em concentrações mais altas nas proximidades de grandes centros urbanos (MOORE; ALLEN, 2000), que parecem ser determinantes para sua ocorrência, influenciando na concentração desse tipo de poluição em suas imediações (BACKHURST; COLE, 2000).

No ambiente aquático, os plásticos são recentemente considerados poluentes emergentes devido a sua ampla distribuição em ambientes costeiros e marinhos de todo o mundo, bem como sua persistência e riscos já relatados para os organismos pertencentes a estes habitats. Além disso, esta classe de resíduo possui uma grande diversidade de fontes e ampla difusão em ambientes aquáticos (POLEZA e FILLMAN, 2012). Até 10% do plástico produzido anualmente em todo o mundo acaba no meio aquático, onde persiste e se acumula (JAMBECK, et al. 2015). Estima-se que até 2050, o plástico provavelmente ultrapasse os estoques pesqueiros no oceano em peso, já que, espera-se que a produção atual quadruplique (JOVANOVIĆ, 2017). A contaminação por polímeros sintéticos em ambientes marinhos alcançou a mesma taxa de produção desses materiais nos últimos 50 anos, e os plásticos são agora o tipo de poluente mais comum e persistente em oceanos e praias por todo mundo (MOORE, 2008).

A maioria dos polímeros não é constituído unicamente da matriz polimérica, mas contém uma série de outros aditivos, tais como fibras de reforço e enchimento, corantes, estabilizantes, antioxidantes, entre outros. Esses aditivos podem ser absorvidos pelos peixes ao serem ingeridos, causando assim efeitos deletérios nos mesmos. Além disso, uma vez em contato com o meio aquático, os plásticos são excelentes adsorventes de poluentes orgânicos persistentes já aderidos às moléculas de água. Desta forma, se uma partícula plástica, adsorvida de poluentes persistentes é ingerida por um peixe, o mesmo já se encontra contaminado pelo mesmo poluente (PINHEIRO *et al.*, 2017).

A maior frequência de turistas em praias, normalmente no verão, é um fator que tende a aumentar consideravelmente a quantidade de resíduos sólidos na praia, como indicado por diversos autores, tais como, Gabrielidis *et al.*,(1991), Golik *et al.*(1992), Madzena *et al.*(1997), Ivar do Sul (2008).

#### **1.4. Microplásticos**

O aumento crescente da urbanização em zonas costeiras em busca de qualidade de vida tem se confundido com o aumento da produção de lixo nessas zonas. Plásticos, são cada vez mais utilizados como embalagens e utensílios que fazem parte do dia a dia de praticamente toda população, seja em uma comunidade ribeirinha, costeira ou nos grandes centros urbanos. Após o uso, geralmente esses materiais vão parar no chão das ruas, nos esgotos, rios e conseqüentemente, no mar.

Pedaços pequenos de plásticos foram encontrados flutuando na superfície do oceano e obtiveram relato científico, pela primeira vez, em 1970 (CARPENTER *et.al*, 1972). Presentes nas praias, nas águas superficiais, em toda a coluna de água e nos sedimentos, os fragmentos plásticos permearam até os ambientes marinhos mais remotos (IVAR DO SUL, 2009) e isso é acarretado pelo seu uso e sua produção em grande escala. Microplásticos são definidos como qualquer partícula menor que 5mm e podem ser classificados em primários ou secundários. Os primários são a matéria-prima originalmente manufaturada em uma forma e/ou tamanho para específica aplicação e os secundários são aquelas partículas que resultam da fragmentação ou degradação de partículas maiores (ANDRADY, 2011). De acordo com a literatura, todos os grupos de organismos marinhos estão em risco eminente ao interagir com os microplásticos (IVAR DO SUL et al.,2014). Como possuem um tamanho muito pequeno, uma grande parte dos organismos aquáticos podem ingerir microplásticos. Os detritos plásticos podem afetar negativamente os organismos e seu mecanismo físico-químico (THOMPSON et.al., 2007).

Durante esse processo de transporte o plástico vai se fragmentando até atingir um tamanho mínimo, suficiente para ter associado a si cadeias de fito e zooplâncton ou, dependendo da origem química do polímero, o mesmo pode associar-se a sedimentos. Quando associado ao sedimento pode servir de comida de peixes bentônicos, invertebrados que ingerem sedimentos, além de associar-se a plantas e serem então ingeridos por outros animais, como aves. Quando associados a cadeias fito ou zooplancônicas podem servir de alimento para peixes pelágicos. Os peixes que se alimentam de zooplâncton contaminado com MP, exigem mais do que o dobro

do tempo para consumir 95% do alimento apresentado quando comparados a peixes que consomem zooplâncton livre desta contaminação (CEDERVALL *et al.*, 2012).

Os peixes podem ingerir os microplásticos tanto acidentalmente, confundindo com o plâncton, ou intencionalmente se a mesma já estiver aderida sobre seu alimento (JOVANOVIĆ, 2017). Os estudos mostram que os efeitos negativos da ingestão de microplásticos vão de efeitos físicos até fisiológicos. Como riscos físicos pode-se citar o comprometimento do sistema digestivo impedindo a absorção correta dos nutrientes (PINHEIRO *et al.*, 2017).

A lista de espécies afetadas indica que os detritos marinhos estavam afetando um número significativo de espécies já no estudo de Laist em 1997. Nos últimos anos, houve um aumento na preocupação dos resíduos plásticos nos oceanos, incluindo a problemática da ingestão dos microplásticos pelos organismos (NEVES *et al.*, 2015). De acordo com Lusher *et al.*, (2017) há relatos de ingestão de microplásticos por bivalves, camarões, mexilhões, ostras, copépodos, baleias e tartarugas marinhas. Isso representa um grande risco para os organismos, já que a ingestão dessas pequenas partículas de plástico causa estresse patológico, falsa saciação, complicações reprodutivas, produção de enzimas bloqueadoras, reduz a taxa de crescimento e causa estresse oxidativo (FOSSI *et al.*, 2016). Já em 1987, Wolfé identificou uma grande problemática referente à subestimação das espécies que consomem os resíduos plásticos na vasta rede oceânica e de água doce, tendo em vista que os mesmos podem vir a ser devorados por predadores ou mesmo afundar. No estuário de Goiana, no Brasil, 12% dos Mojarras (família Gerreidae), 23% dos bagres (família Ariidae) e 64% dos peixes Acoupa (*Cynoscion acoupa*) continham microplásticos provenientes de pesca artesanal e local (LUSHER *et al.*, 2017).

Apesar de algumas pesquisas indicarem que peixes predadores tem maior chances de ingerir o MP (ROMEO *et al.*, 2015) parece que não há correlação entre o número de partículas ingeridas com o tamanho do peixe, massa corporal ou posição na cadeia trófica (GUVEN *et al.*, 2017). Ou seja, não é necessário que o peixe esteja no topo ou na base da cadeia trófica para que ele ingira maior ou menor quantidade de MP. Porém, o tipo de habitat pode acabar influenciando a quantidade de MP que os peixes irão ingerir, sendo eles bentônicos ou pelágicos. Os peixes pelágicos ingerem mais MP em comparação com peixes bentônicos (JOVANOVIĆ, 2017).

Na literatura existe menor quantidade de estudos envolvendo o efeito dos microplásticos em espécies de água doce do que em espécies do ambiente marinho (BARBOSA, 2017), apenas cinco estudos datam sobre a ocorrência e impacto dos microplásticos em água doce e todos os trabalhos citados sugeriram que peixes que habitam este tipo de ecossistema em proximidade

com áreas urbanas estavam em maior risco de ingestão e exposição aos microplásticos (PINHEIRO *et al.*, 2017). Contudo, estudos recentes vêm sendo realizados no Brasil visando suprir a falta de informações dos danos dos microplásticos às espécies de água doce (BARBOZA, 2018).

### **1.5. Fibras plásticas**

As fibras estão entre os tipos mais comuns de resíduos microplásticos encontrados no ambiente natural. São tipicamente fabricadas de nylon (poliamida), tereftalato de polietileno (poliéster, PET) ou polipropileno (PP) (ANDRADY, 2011). A presença dessas microfibras plásticas está geralmente atribuída a liberação de fibras sintéticas de roupas durante a lavagem (BROWNE, 2011), degradação de pontas de cigarro levando à liberação de fibras de acetato de celulose (WRIGHT *et al.*, 2015) e fragmentação de equipamentos marítimos, como por exemplo cordas e redes (COLE *et al.*, 2016). Estudos mostraram que microfibras plásticas (MFs) não podem ser encapsuladas e absorvidas por macrófagos, causando uma espécie de “fagocitose frustrada”, liberando radicais livres e ocitocina e causando uma inflamação local (POLAND *et al.*, 2008). O paradigma da patogenicidade das fibras determina que altas proporções, biopersistência e o pequeno tamanho são atributos chave na determinação da toxicidade das partículas (DONALDSON, *et al.*, 2013). As fibras podem assumir diversas características, satisfazendo aplicações que incluem vestuário, agricultura, construção e aplicações médicas (MOGAHZY, 2009). Diante de todas essas aplicações, e não esgotada somente a estas, Browne em 2015 destacou que é de extrema importância considerar que todos os produtos têxteis sintéticos, em qualquer fase do seu ciclo de vida, possuem potencial de se transformar em poluentes microplásticos.

Neste sentido, as MFs podem ser geradas a partir de ambientes externos como é o caso de têxteis destinados à pesca (linhas e cordas) e aquicultura, produtos sanitários e geotêxteis, como podem também partir de ambientes internos, como é o caso de lavanderias comerciais e atividades domésticas, tanto na limpeza de residências com auxílio de materiais têxteis e descarte de água de limpeza de residências, como na lavagem de roupas com uso de lavadoras domésticas (CESA, 2017). Diversos estudos apontam que as lavagens domésticas de vestuário estão entre as principais fontes de fibras sintéticas ao ambiente marinho (BROWNE *et al.*, 2011; CARR *et al.*, 2017; UNEP, 2018). Este argumento está alinhado a alguns estudos que

identificam MFs como parte dominante em efluentes de estações de tratamento de esgotos (MINTENIG et al., 2017; SUTTON et al., 2016; ZIAJAHROMI et al., 2017).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

Identificar microplásticos em conteúdo de tratos gastrointestinais de peixes coletados no estuário do rio Tramandaí/RS através de digestão de tecidos biológicos.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Testar a metodologia de digestão biológica de conteúdo estomacal de peixes;
- Identificar a presença de microplásticos no conteúdo estomacal dos peixes capturados no estuário do rio Tramandaí;
- Quantificar os microplásticos encontrados no conteúdo estomacal dos peixes capturados no estuário do rio Tramandaí;
- Caracterizar, através de análises infravermelho, os microplásticos encontrados no conteúdo estomacal dos peixes capturados no estuário do rio Tramandaí.

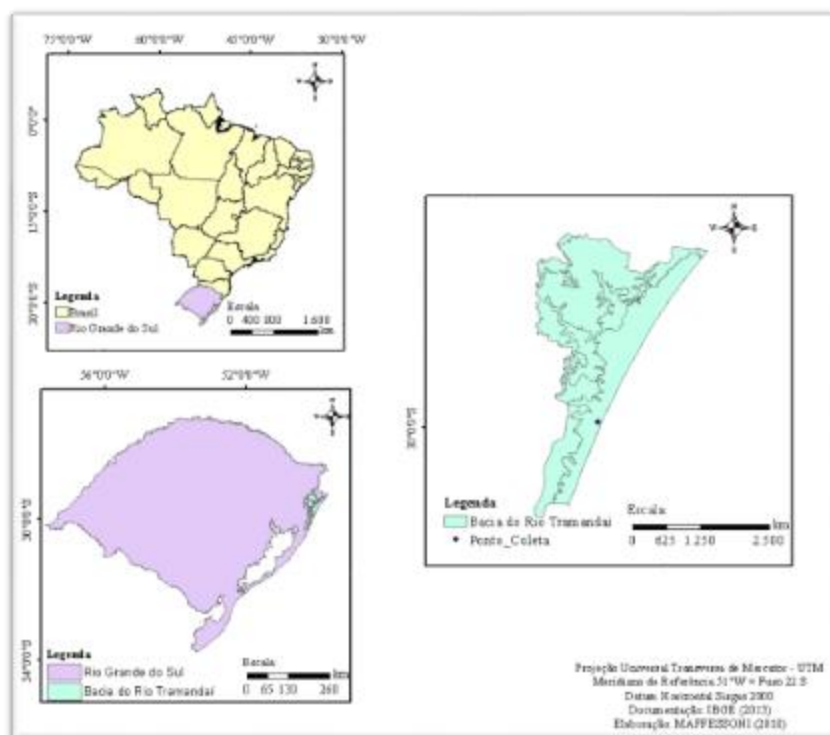
### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. Área de estudo

A bacia hidrográfica do Rio Tramandaí situa-se ao Nordeste do Estado do Rio Grande do Sul, a população total no entorno da bacia é de 198.235 habitantes, sendo que na época do veraneio a população chega a 580.212 habitantes (IBGE, 2012). Localiza-se na macro área Nordeste II, contendo 17 municípios participantes: Arroio do Sal, Balneário Pinhal, Capão da Canoa, Cidreira, Dom Pedro de Alcântara, Imbé, Itati, Maquiné, Osório, Palmares do Sul, São Francisco de Paula, Terra de Areia, Torres, Tramandaí, Três Cachoeiras, Três Forquilhas e Xangri-lá. Apresenta uma sequência de lagoas paralelas à linha de costa, interligadas entre si, embora ocorram pequenas lagoas isoladas. Estes corpos hídricos estão limitados ao sul pela Lagoa da Cerquinha e, ao norte, pela Lagoa da Itapeva, sendo que da escarpa da Serra Geral nascem os principais tributários que são o rio Cardoso, Três Forquilhas e Maquiné.

Esse sistema é caracterizado pela sua fragilidade a influências externas que possam modificar seus parâmetros (LOITZENBAUER, 2010). De acordo com a mesma autora, essa fragilidade se deve em grande parte pelo fato de ser uma região muito plana e com escoamentos comandados pelos ventos durante grande parte do ano. Os principais usos de água na bacia se destinam a irrigação e abastecimento público (SEMA, 2002) e principalmente diluição de esgotos domésticos e industriais nas áreas urbanas (HAASE *et al.*, 2003). As atividades antrópicas potencialmente impactantes na região da bacia do rio Tramandaí são crescentes, incluindo desde a tradicional indústria moveleira, silvicultura, orizicultura, pecuária, extração de areia e ocupação humana desordenada, até a recente implantação de estações eólicas para geração de energia elétrica (SEMA, 2013). O sistema Tramandaí se distingue dos demais sistemas da região por estar permanentemente ligado com o mar e com as bacias dos rios Maquiné e Três Forquilhas, mantendo um abastecimento constante de água doce e impedindo o fechamento da barra do Rio Tramandaí (HAASE *et al.*, 2003). A Figura 1 apresenta a localização da área de coleta.

Figura 1 – área de coleta de material: Estuário do Rio Tramandaí, situado no Litoral Norte do Rio Grande do Sul na divisa entre os municípios de Tramandaí e Imbé / RS.



### 3.2. Coleta de material / indivíduos

Os indivíduos analisados foram doados pelos pescadores de Imbé e Tramandaí- RS, diretamente do estuário do Rio Tramandaí. Para verificação da técnica de digestão dos tecidos biológicos, inicialmente foram analisadas, três espécimes de Manjubas (*Lycengraulis grossidens*) e três espécimes de Tainha (*Mugil liza*). As amostras foram mantidas em refrigeração e posteriormente levadas para a Unidade da UERGS de Santa Cruz do Sul.

As amostras coletadas tiveram seus parâmetros biométricos medidos, como comprimento total do peixe, em alguns casos, e peso dos tratos em todos os casos. No total, foram analisados 21 tratos gastrointestinais (TGI) de seis espécies diferentes. Os indivíduos em maior quantidade foram as Tainhas (*M. liza*) e as Manjubas (*L. grossidens*) conforme apresentado conforme apresentado na Tabela 2.

A família Engraulidae é representada por peixes de hábitos costeiros, com maior abundância em águas marinhas tropicais, embora algumas espécies vivam em águas doces e salobras, especialmente na América do Sul e do Sudoeste da Ásia (BORTOLUZZI et al., 2006). A espécie *L. grossidens* possui dois hábitos alimentares distintos em determinadas fases da vida: durante a sua fase juvenil a alimentação é em sua maioria composta por micro crustáceos, quando atingem a fase adulta, a alimentação torna-se basicamente peixes, crustáceos e insetos,

além de esporádicos eventos com algas (BORTOLUZZI et al., 2006). O item peixe, como mencionado, confirma que o hábito alimentar desta espécie é essencialmente piscívoro, apresentando variações em sua dieta, representadas por crustáceos e insetos, conforme Zavala-Camim (1996) *apud* BORTOLUZZI et al., (2006).

A família Mugilidae compreende as Tainhas e os Paratis. São comumente encontrados em ambiente marinho, estuarino e lagunar (MENEZES & FIGUEIREDO, 1985). São principalmente herbívoros, alimentando-se também de detritos e matéria orgânica (PAREJO, 1991), ocupando uma baixa posição na cadeia alimentar e conseqüentemente adquirindo sua energia diretamente do primeiro nível trófico (OREN, 1981). São considerados de grande importância para a pesca artesanal (REIS & BOFFO, 2003).

A Anchova (*Pomatomus saltatrix*), pertence à família Pomatomidae, pode atingir um comprimento máximo de 130 cm, e peso máximo de 14.4 kg o que equivale a nove anos de idade. Habitam águas com elevada energia, sendo normalmente encontrados em praias com ondas, ilhas e costões, mas podem, os adultos, também serem encontrados em regiões estuarinas e de águas salobras e os peixes menores em águas com até 2m de profundidade (CEPSUL/IBAMA, 2009). De acordo com Haimovici & Krug (1992), o *P. saltatrix* é uma espécie pelágica costeira cosmopolita, ocorrendo em varias regiões. Alimenta-se de peixes e crustáceos, sendo a maioria peixes. No Rio Grande do Sul, as Anchovas coletadas apresentam na maioria tratos mais vazios, o que indica que na região os cardumes se formam em função dos movimentos migratórios e não da alimentação (HAIMOVICI & KRUG, 1992).

O Jundiá (*Rhamdia quelen*) possui uma classificação taxonômica complicada, o gênero *Rhamdia* possui uma sistemática confusa desde que foi descrita. Em 1996, Silfvergrip realizou uma ampla revisão taxonômica do gênero, baseada em características da morfologia interna e concluiu que o gênero é composto por apenas 11 espécies dentre as 100 que eram descritas anteriormente. Atualmente, o Jundiá (*R. quelen*) está classificado taxonomicamente como pertencente a família Pimelodidae (SILFVERGRIP 1996, *apud* GOMES et.al, 2000). Vivem em lagos e poços mais fundos, preferindo ambientes de águas mais calmas, com fundo de areia e lama. É considerada uma espécie estenoalina, pois tolera leves variações de salinidade, além de tolerar também variações de pH, porem em pH mais alcalino a espécie pode apresentar, a longo prazo, algumas variações nas reduções corporais dos níveis de Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup> (GOMES et al.,2000). São indivíduos omnívoros, com clara preferência por peixes, crustáceos, insetos, restos vegetais e detritos orgânicos. É uma espécie generalista com relação à escolha do seu



alimento, indicando que para alimentar-se é capaz de ocupar a coluna d'água além do substrato (GUEDES 1980 *apud* GOMES, 2000).

O Bagre (gên. *Genidens*) atualmente encontra-se ameaçado de extinção tanto por meio da Portaria MMA 445/2014 (IBAMA, 2014), quanto pela Lei Estadual nº 51.797/2014 (Rio Grande do Sul, 2014), nas quais estão citadas a lista de bagres ameaçados no Brasil e no estado do Rio Grande do Sul. Em 2016, a pesca desses peixes foi proibida no Rio Grande do Sul, sem nenhum tipo de consulta aos pescadores artesanais, os que foram, no fim das contas, os mais impactados com a decisão, sendo o bagre um dos recursos de maior relevância na captura (KALIKOSKI & VASCONCELOS, 2013). Pertencem a família Ariidae, alguns alcançam até 1 m de comprimento. Habitam águas marinhas, estuarinas e doces de regiões temperadas quentes e tropicais, regiões pouco profundas, sobre fundos de lama ou areia. Alimenta-se de organismos de fundo e de restos orgânicos, sendo considerado carnívoro pela maioria dos autores (ARAÚJO, 1983 – 1984; HIGUCHI *et al.*, 1982).

Tabela 2: Espécies e total de indivíduos coletados

<b>Espécie</b>	<b>Nome popular</b>	<b>Nº de indivíduos</b>
<i>Lycengraulis grossidens</i>	Manjuba	6
<i>Mugil liza</i>	Tainha	6
<i>Pomatomus saltatrix</i>	Anchova	2
<i>Rhamdia quelen</i>	Jundiá	2
<i>Diplodus argentus</i>	Marimbau	3
Gên. <i>Genidens</i>	Bagre	2
<b>Total</b>		<b>21</b>

### 3.3. Teste de digestão de material biológico, quantificação e caracterização

Inicialmente, foi realizado uma primeira amostragem com 6 espécimes de duas espécies diferentes para otimização da metodologia já utilizada por Dhimmer (2017) e Foekema (2013). A técnica de digestão envolveu a dissolução química dos tecidos moles, utilizando hidróxido de potássio PA, seguido de filtração e análises em lupas ou microscópio. A solução de hidróxido de potássio (KOH 10%) foi preparada com água deionizada (condutividade de 1,94 µs/cm). Após a preparação, o reagente foi mantido em um recipiente de vidro âmbar para as análises posteriores. A metodologia foi adaptada de Dhimmer (2017) acrescentando, para todas as amostras, temperatura de 50°C e agitação de 3 horas ininterruptas.

O teste de digestão biológica foi realizado com as seis primeiras amostras que foram imersas em 30 ml de KOH para as Manjubas e 50 ml para as Tainhas. A agitação foi testada com três amostras de Tainhas acrescida de temperatura de 50°C e as amostras de Manjuba não passaram por nenhum desses processos. Devido ao peso dos tratos e a alta concentração de tecido biológico foram colocados de 30 à 50ml de KOH 10% em todas as amostras. As mesmas foram colocadas em chapas de agitação com temperatura de 50°C o que acabou por diminuir o tempo para realização de todo processo.

As amostras digeridas foram filtradas com bomba a vácuo em filtro Whatmann (~1µm) e após foram encaminhadas para estufa a 32°C por 24 horas para secagem dos filtros. Os filtros foram observados com auxílio de lupa ocular. As amostras foram separadas por indivíduos e armazenadas em placas de petri, facilitando a contagem do material encontrado e um melhor aproveitamento dos dados. Os materiais encontrados, foram separados de acordo com suas características (fragmentos ou fibras) e sua coloração, foi realizada contagem individual com auxílio de lupa e armazenadas em placas para posterior encaminhamento ao laboratório da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (LAMAT- Laboratório Multiusuário de Análise Térmica) para análises de infravermelho (FTIR) com o objetivo de identificar a origem e composição química das microfibras. As análises foram realizadas através de análise de microscopia óptica (Microscópio Modelo Continuun IR Nicolet) acoplada a um sistema espectroscópico de infravermelho com transformada de Fourier utilizando como acessório um DRIFT de refletância difusa (FT-IR Nicolet – Thermo com o acessório DRIFT - Refletância Difusa). As etapas do procedimento experimental de digestão e filtração estão ilustradas na Figura 2 e os equipamentos utilizados na caracterização podem ser visualizados na Figura 3.

**Figura 2:** Processo de digestão de material, agitação e filtração. **A)** Digestão de material biológico utilizando KOH 10%; **B)** Amostras em chapas de agitação sob temperatura de 50°C por 3 horas; **C)** Amostras sendo filtradas; **D)** Após filtração, filtros Whatmann sendo encaminhados para estufa à 32°C por 24 horas. (Processos adaptados de Foekema, 2013).

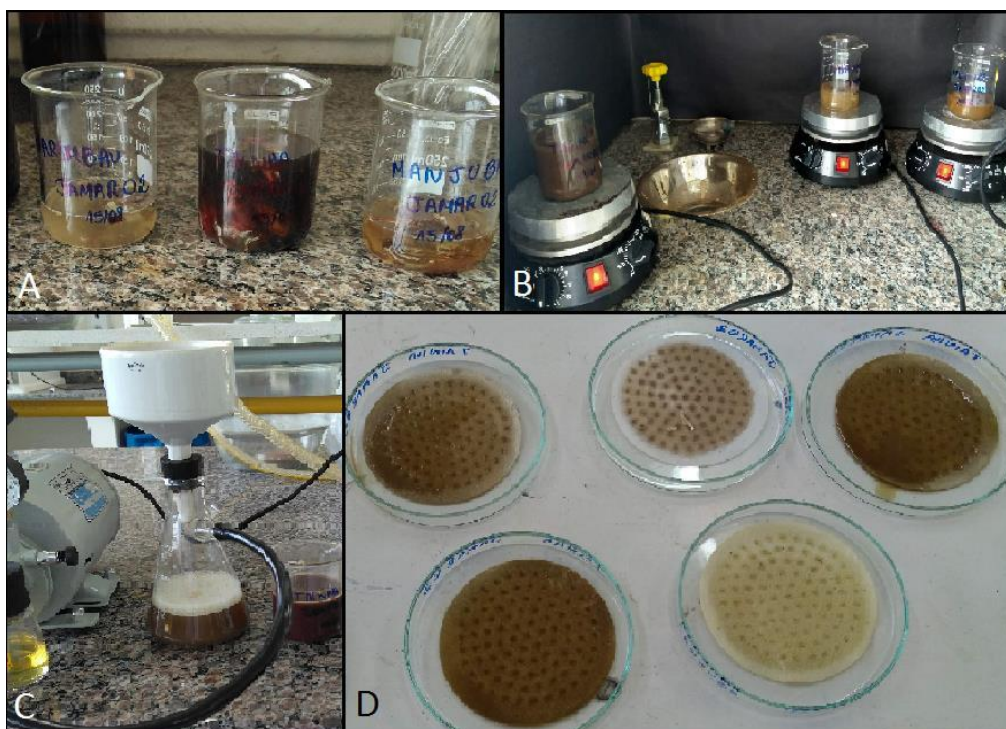


Figura 3: Microscópio Nicolet acoplado ao Infravermelho.



## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1. Digestão dos tecidos biológicos

Com o passar de 72 horas, foi observado que as amostras acrescidas de temperatura e agitação obtiveram um resultado melhor na digestão do material, devido a isso, todas as amostras foram colocadas nessas condições. As espécies de Tainha mostraram possuir um trato gastrointestinal (TGI) mais gorduroso quando comparado com os tratos das Manjubas, isso

pode ser atribuído a diferença alimentar entre as duas espécies. A moela, presente no trato de algumas espécies de ave, pode ser encontrado também em algumas espécies de peixes, como a tainha (*M. liza*), e em alguns mamíferos, sendo um compartimento extremamente musculoso que juntamente com grãos de areia e algumas pedras realiza a trituração dos alimentos e os encaminha para a cloaca, não foi dissolvida pelo KOH e foi retirada das análises. As espécies de manjubas digeriram completamente ao serem acrescidas temperatura e agitação às amostras. Não houve dificuldade na filtração a vácuo, exceto para os tratos das espécies de *M. liza*, as moléculas se mostraram densas, o que dificultou bastante a passagem de líquido pelo filtro.

O método de digestão com a utilização de hidróxido de potássio (KOH) se mostrou extremamente eficiente na dissolução do tecido orgânico dos indivíduos analisados, porém foi constatado que a metodologia acrescida de temperatura e agitação contínuas além de diminuir o tempo de experimento das análises realiza a digestão de forma mais efetiva. Ainda assim, se vê necessário um ajuste da metodologia para dissolução de tecidos mais musculares, como as moelas encontradas em algumas espécies de peixes e, para futuros trabalhos, também com aves. Uma das alternativas seria aumentar a concentração de KOH para tentativa de dissolução dessas partes.

#### 4.2. Quantificação dos microplásticos amostrados.

A partir da análise do trato gastrointestinal (TGI) dos peixes, das 21 espécimes, apenas uma não apresentou nenhum tipo de resíduo plástico. Todos os outros indivíduos apresentaram fibras plásticas em seu trato gastrointestinal. Foram encontradas 115 fibras (Tabela 3) e um fragmento plástico de coloração branca em *M. liza*.

Tabela 3: Número de microplásticos presentes em cada espécie coletada.

<b>Espécies</b>	<b>Nº de microplásticos</b>
<i>Lycengraulis grossidens</i>	18
<i>Mugil liza</i>	66
<i>Pomatomus saltatrix</i>	12
<i>Rhamdia quelen</i>	12
<i>Diplodus argenteus</i>	7
Gên. Genidens	0
Fragmento <i>M. liza</i>	1
<b>Total</b>	<b>116</b>

O predomínio de fibras no TGI de peixes foi obtido em diversos estudos realizados por todo o mundo. Avio e colaboradores (2015) analisaram 120 peixes de três espécies comerciais no estuário de Montego em Portugal, utilizando cinco tipos de protocolos diferentes. Dos 120 indivíduos analisados, 38% estavam contaminados por microplásticos, destes 96% foram categorizados como fibras plásticas e 4% classificados como fragmentos.

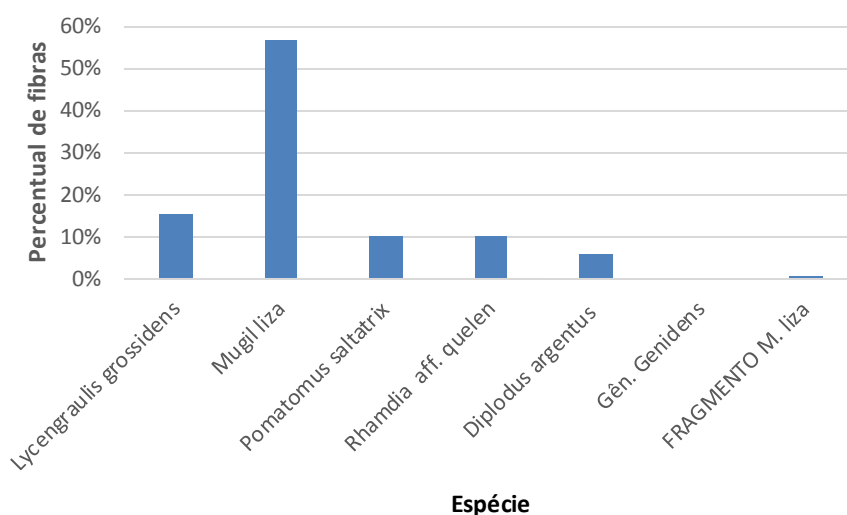
Dhimmer (2017) coletou 164 amostras de peixes da espécie *Trachurus trachurus* também no estuário de Montego em Portugal e próximo à Praia da Leirosa e São Pedro de Moel em Lisboa. O método utilizado por ele para digestão dos tratos foi o mesmo utilizado por Foekema (2013). Das 164 amostras de peixes coletados, foram encontrados 399 microplásticos, dos quais 79% eram fibras.

Dantas e colaboradores (2012) analisaram duas outras espécies de peixes da família Sciaenidae (*Stellifer brasiliensis* e *Stellifer stellifer*) no estuário do rio Goiana, em Pernambuco. Aproximadamente 8% dos 569 indivíduos analisados continham microplásticos no conteúdo estomacal, a maioria dos quais eram fios de nylon azul resultantes da fragmentação de materiais utilizados na pesca local.

Silva-Cavalcanti e cols. (2017) publicou um estudo que investigou microplásticos nos rios brasileiros, no qual 83% dos peixes tinham detritos plásticos no intestino sendo que as fibras foram o tipo mais frequente (46,6%) e a maior presença de fibras foi observada em peixes nas seções urbanizadas do rio.

Relacionando o percentual de fibras por espécie, é possível verificar que as que mais apresentaram fibras plásticas foram as Tainhas, seguidos de Manjubas, Anchova e Jundiá (Figura 4). As Tainhas representaram quase 60% da contaminação das amostras, as manjubas somaram quase 20% do total.

Figura 4: Percentual de fibras por espécies.



No TGI dos peixes foram encontradas fibras de várias cores, tais como, preto, branco, verde, azul, branco e vermelho (Figura 5). As fibras mais encontradas foram de coloração preta (52%), azul (17%) e branca (12%), (Tabela 4), com aproximadamente 1mm de comprimento. As mesmas foram submetidas a análises de infravermelho com o objetivo de identificar a origem do material encontrado, podendo assim identificar a proveniência dessas fibras no meio aquático, sendo poliéster proveniente de esgoto domiciliar descartado inadequadamente no estuário, ou ainda como sendo poliamida (nylon) caracterizando material proveniente de pesca.

Figura 5: Fibras plásticas encontradas nos TGI dos peixes coletados. **A)** fibras azuis e pretas; **B)** fibra de coloração transparente / amarelada; **C)** fibras pretas e vermelhas; **D)** fibra vermelha; **E)** fibras azul e verde.

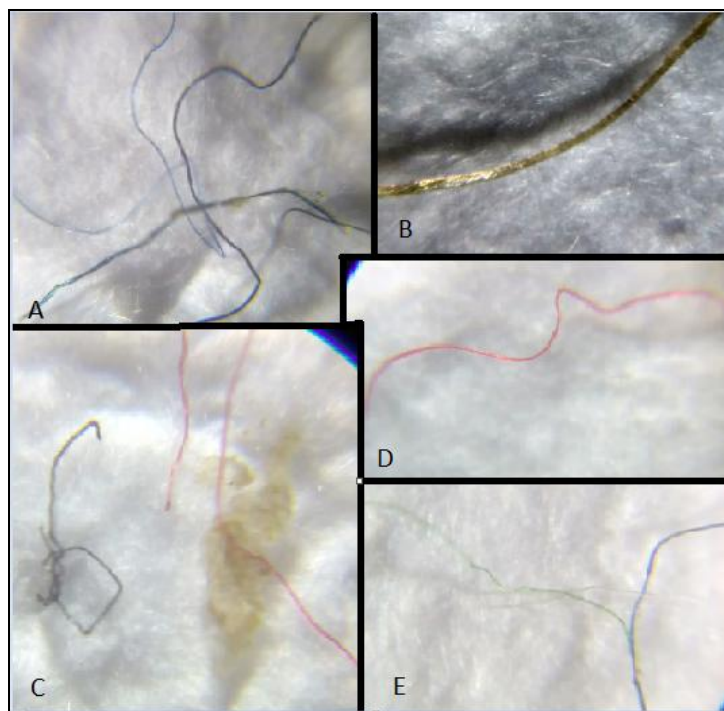


Tabela 4: Quantidade de fibras por cor.

<b>Cor</b>	<b>Quantidade de fibras</b>	<b>Porcentagem</b>
Preto	60	52%
Azul	20	17%
Branco / transparente	14	12%
Vermelho	10	9%
Indefinidas	7	6%
Verde	4	3%

Avio e colaboradores (2015) identificaram que 47% das fibras plásticas eram de coloração azul, sendo a maioria, seguidas das cores transparente (30%) e preta (11%), sendo a coloração semelhante a obtida no presente trabalho. As fibras obtidas no estudo de Dhimmer (2017), 39% eram de coloração também azul. O autor considerou as fibras os microplásticos mais abundantes no trabalho.

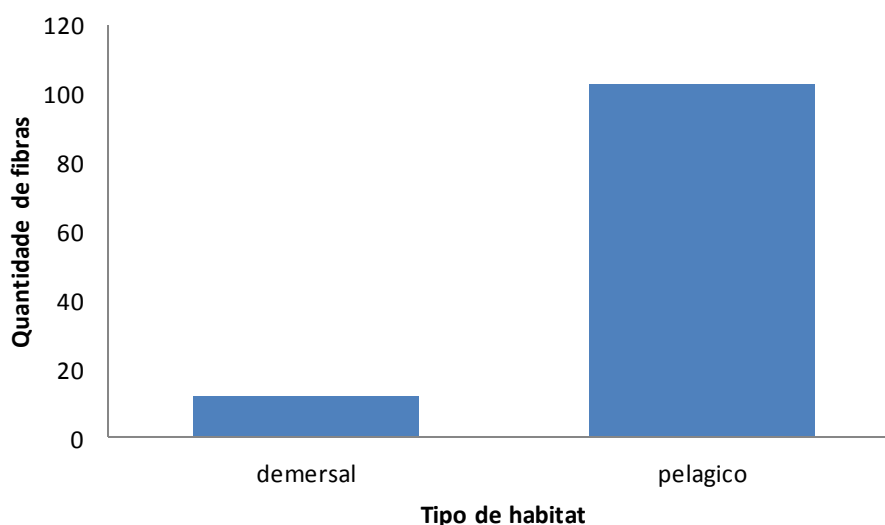
Os hábitos alimentares e os tipos de ambiente das espécies foram relacionados a fim de saber se haveria alguma analogia com a quantidade de fibras encontradas nos TGI. A Tabela 5 apresenta as espécies, hábitos e habitat dos indivíduos coletados.

Tabela 5: Relação espécies, tipos de habitat e hábito.

<b>Espécie</b>	<b>Hábito</b>	<b>Habitat</b>
<i>M.liza</i>	Herbívoro/ Detritivo	Pelágico
<i>L. grossidens</i>	Carnívoro	Pelágico
<i>P. saltatrix</i>	Carnívoro	Pelágico
<i>R. quelen</i>	Onívoro	Demersal
<i>D. argentus</i>	Carnívoro	Pelágico
Gên. Genidens	Onívoro	Demersal

A Figura 5 apresenta a quantidade de microplásticos coletados de acordo com o tipo de habitat. Apesar de se ter trabalhado com maioria de peixes pelágicos, pode-se confirmar o dito por Jovanovic (2017): peixes pelágicos ingerem mais microplásticos do que peixes demersais ou bentônicos. No presente trabalho, o tipo de habitat pode realmente ter interferido na quantidade de fibras plásticas ingeridas, os peixes com hábitos mais pelágicos possuíam maior número de fibras quando comparados com as espécies com hábitos demersais .

Figura 6: Relação do tipo de habitat com a ingestão de microfibras plásticas ingeridas.



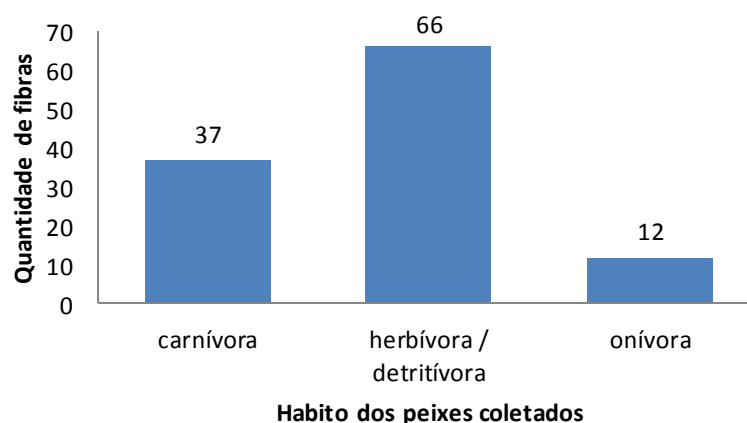
A Figura 6 apresenta a relação dos hábitos alimentares dos peixes com a quantidade de fibras observadas. Embora, de acordo com os hábitos de algumas espécies capturadas, a dieta seja onívora, e em diferentes zonas, sejam elas costeiras, rasas, com ou sem agitação. A espécie de Tainha foi considerada mais contaminada pelo número abundante de fibras encontradas, como comentado anteriormente, ela possui um hábito herbívoro, podendo alimentar-se de detritos, de matéria orgânica em decomposição assim como de sedimentos e invertebrados. As causas de contaminação nesse caso ficam invariavelmente mais difíceis, tendo em vista que não



se sabe ao certo em qual região as espécies capturadas coletaram seus alimentos. Porém, em estudos anteriores feitos por Romeo e colaboradores (2015), foi identificado que os MPs são mais frequentemente ingeridos por espécies que costumam se alimentar de presas pequenas e abundantes no substrato, também, os MPs costumam ser ingeridos de forma secundária quando suas presas já estão contaminadas pelos mesmos. É confirmado que os MPs tendem a se acumular nos organismos bentos (BELLAS et al., 2016). Neste caso a biomagnificação pode ser acelerada em predadores que atacam peixes e crustáceos que se alimentam de fundo (PEGADO et al., 2018). As Manjubas (*L. grossidens*), com seus hábitos alimentares distintos em determinadas fases da vida, são caracterizadas, apesar disso, como carnívoras/ piscívoras. Sendo a segunda das espécies com maior quantidade de fibras plásticas encontradas, podemos inferir que a espécie ingeriu as fibras de forma secundária, quando a mesma se encontra associada à outra espécie que vem a ser ingerida pelo indivíduo. Além disso, esporadicamente as manjubas podem vir a se alimentar de pequenos crustáceos (BORTOLUZZI et al., 2006) que também se encontram, por vezes, contaminados por MPs, como já comentado.

Os peixes estudados foram coletados na região estuarina de Tramandaí e, de acordo com Browne et al. (2010) e McCormick (2016), organismos que habitam áreas costeiras frequentemente urbanizadas, como é o caso, são mais suscetíveis à transferência trófica de microplásticos nestas áreas do que em outros habitats.

Figura 7: Relação de hábitos alimentares com a quantidade de fibras ingeridas pelos indivíduos analisados.



Observando o peso dos TGIs com a quantidade de fibras (Tabela 6), os Jundiás (*R. quelen*) foram os indivíduos observados que possuíam o maior peso total dos tratos, seguido pelas Tainhas e pelas Manjubas. Os pesos dos tratos gastrointestinais não mostraram grandes

variações quando comparados a quantidade de MPs encontrados nas espécies, apenas a espécie de Tainha (*M. liza*) apresentou maior peso dos tratos, porém era também a espécie de maior tamanho quando comparada as outras. Confirmando a suposição de Guven e colaboradores (2017) de que não há correlação entre o número de partículas ingeridas com o tamanho do peixe, massa corporal ou posição na cadeia trófica.

Tabela 6: Peso dos TGI e quantidade de fibras encontradas por espécie.

<b>Espécie</b>	<b>Peso</b>	<b>Fibras</b>
<i>Mugil liza</i>	322,9061	66
<i>Rhamdia quelen</i>	110,7554	12
<i>Lycengraulis grossidens</i>	110,7172	18
Gên. Genidens	72,978	0
<i>Pomatomus saltatrix</i>	19,314	12
<i>Diplodus argenteus</i>	17,1163	7

### 4.3. Caracterização dos microplásticos amostrados

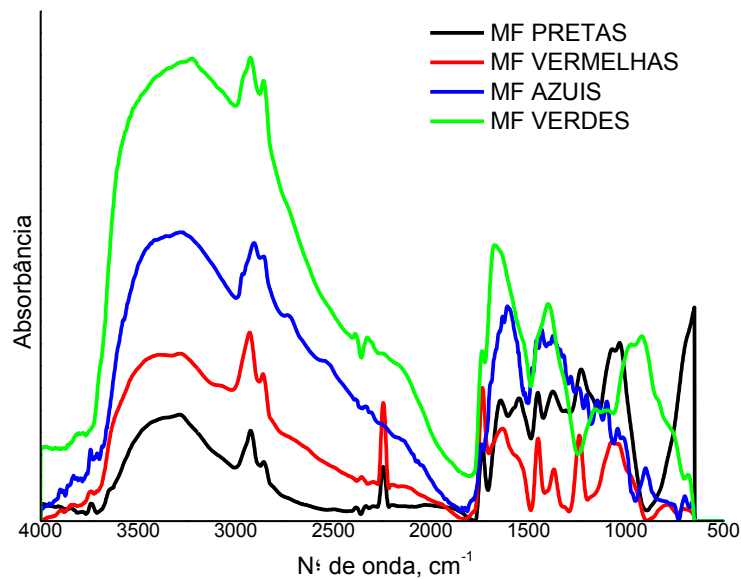
Os protocolos atuais para a identificação de amostras de polímeros obtidas do meio ambiente envolvem a coleta e preparação das amostras seguida de sua composição. Essa identificação depende basicamente de duas etapas: inspeção visual da amostra seguida da identificação química dos constituintes por técnicas espectroscópicas (GOSHAL et al, 2018). A identificação espectroscópica oferece informações sobre a natureza química das partículas, minimizando, assim, possíveis erros de identificação de polímeros com base apenas na inspeção visual. O espectro químico medido é tipicamente um composto de todos os constituintes espectroscopicamente ativos incluindo o polímero e quaisquer compostos adicionais. Isso é relevante, uma vez que as substâncias químicas associadas podem ser fontes importantes de contaminação no ambiente marinho (WARDROP et al., 2016; ROCHMAN et al., 2013). A identificação espectroscópica não só permite a diferenciação entre polímero e partículas naturais com a identificação do tipo exato de polímero, mas também pode fornecer informações sobre a química de quaisquer aditivos associados (GOSHAL et al, 2018). Somado a isso, resíduos de plástico no ambiente marinho são tipicamente sujeitos a bioincrustação e degradação que podem alterar significativamente a aparência física da superfície do polímero, complicando assim o processo de identificação visual (GOSHAL et al., 2018).

Nos últimos anos, a micro-espectroscopia de FTIR tem dominado a identificação espectroscópica de detritos poliméricos e itens relacionados no ambiente marinho (HARRISON

et al., 2012). Em contraste, a avaliação baseada em micro-espectroscopia Raman de resíduos de polímeros marinhos tem sido menos extensa. O RMS oferece informações composicionais espacialmente resolvidas na escala micrométrica e é adequada para identificação / caracterização molecular não invasiva de pequenos resíduos plásticos no ambiente marinho (LENZ et al., 2015). É tipicamente caracterizada pela interferência mínima da água. Por isso é mais utilizada à micro-espectroscopia Raman para examinar polímeros e produtos químicos de origem antrópica (GOSHAL et al., 2018).

Na técnica de FTIR são obtidos espectros de absorção (e/ou transmissão) fazendo-se um feixe de luz na região do infravermelho incidir sobre a substância e determinando as frequências absorvidas por ela. Como as moléculas estão constantemente vibrando, quando a mesma absorve certo comprimento de onda na região do infravermelho os grupos funcionais ali presentes acabam vibrando (movimentos axiais e angulares). De fato, a radiação eletromagnética com número de ondas de 4000 a 600  $\text{cm}^{-1}$  possui a energia exata correspondente às vibrações de deformação axial e angular de moléculas orgânicas (SILVERSTEIN, 2005). Com o intuito de identificar a composição das microfibras poliméricas encontradas no presente trabalho, as amostras foram analisadas pela técnica de Microscopia óptica acoplada ao FTIR. Os espectros de absorção para as MF retiradas dos TGIs dos peixes, para as diferentes colorações estão ilustrados na Figura 8.

Figura 8: Espectros das fibras azul e verde indicando Poliamida, preta e vermelha indicando PET.



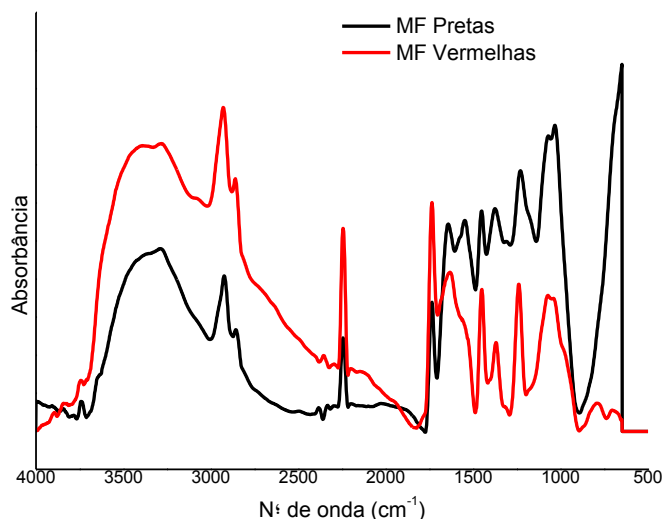
A Figura 9 mostra os espectros das MFs pretas e vermelhas onde há uma banda intensa correspondente à tensão da ligação C = O em  $1700\text{ cm}^{-1}$  e movimentos de tensão entre  $1000\text{-}1100\text{ cm}^{-1}$  são observados pelas tensões das ligações do anel aromático. As bandas de absorção de ligações C-H à  $2800\text{-}2900\text{ cm}^{-1}$  são fracas, embora sejam capazes de serem percebidas. De acordo com Cabra (2017), essas bandas e pontos de absorção são cruciais para a caracterização de PET em amostras. O PET é o mais comum e conhecido polímero da família dos poliésteres. São utilizados em embalagens de alimentos, na indústria cosmética, garrafas de bebidas e na produção de filamentos (fios para tecelagem) (ABIPLAST, 2018).

De acordo com Rios (2017), algumas fontes principais do PET nas praias têm forte relação com a comunidade adjacente aos estuários e os seus hábitos. O PET encontrado nas amostras é um dos tipos de polímeros mais comumente utilizados pela população devido ao seu alto potencial de resistência a impacto e ao preço acessível quando comparado às embalagens de vidro. O excesso de materiais PET sendo consumidos e produzidos, somados ao descarte inadequado de resíduos e a falta de uma política de direcionamento desses resíduos são as causas principais de contaminação da biota aquática atualmente.

No Brasil, de acordo com a portaria nº 987 de 1998 da Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde, apenas é possível a utilização de PET pós-consumo em embalagens multicamadas destinadas ao acondicionamento de bebidas carbonatadas não alcoólicas (FERRO, 1999). O PET reciclado é utilizado como fibra têxtil (41%), mantas de não tecido

(16%), cordas (15%), resinas insaturadas (10%), embalagens (9%), cerdas de vassouras e escovas (5%) e de outros produtos (4%) (SPINACÉ e DE PAOLI, 2004).

Figura 9: Espectro das fibras pretas e vermelhas (PET)



Na Figura 10 podemos observar os espectros das fibras verdes e azuis onde na faixa de frequência abaixo de  $1500\text{ cm}^{-1}$  os picos observados possuem intensidade média / fraca. Na faixa de frequência de  $1700\text{-}1500\text{ cm}^{-1}$ , os picos observados são fortes e são atribuídos às bandas amida I e II. A banda fraca e larga observada a  $1144\text{ cm}^{-1}$  foi atribuída para a fase amorfa e os picos surgem devido à presença de defeitos na cadeia nesta fase (PRAMANICK, et al., 2015).

Os outros dois picos importantes abaixo de  $1500\text{ cm}^{-1}$  e de  $935\text{ cm}^{-1}$  e  $1200\text{ cm}^{-1}$  são atribuídos para os picos cristalinos característicos do nylon de acordo com Desgrupta e colaboradores (1996). As intensas bandas amida I e II são observadas na faixa de frequência de  $1700\text{-}1500\text{ cm}^{-1}$ . Observa-se um pico muito acentuado de cerca de  $3300\text{ cm}^{-1}$  devido ao alongamento NH do grupo amida presente no nylon. Como o grupo NH forma interações de ligações de hidrogênio boas com o grupo C=O da cadeia de nylon, a banda em  $3300\text{ cm}^{-1}$  se torna muito sensível com a variação da ligação de hidrogênio (LINGGAWATI et al., 2009).

Portanto, essas fibras são caracterizadas como poliamidas, popularmente conhecidas na forma de nylon. O nylon é um termoplástico versátil. Possui excelente combinação de força, rigidez, tenacidade, lubricidade e resistência (BRYDSSON, 1999). O nylon possui um grupo

amida (-CONH-) na unidade de repetição, resultando na formação da ligação H entre o grupo C = O em uma cadeia e o grupo N-H da outra cadeia. A ligação H é responsável pela formação da estrutura cristalina em nylons (PRAMANICK, 2015). As atribuições de todas as bandas fundamentais de poliamida são dadas na tabela 7.

Figura 10: Espectros das fibras azuis e verdes (Poliamida)

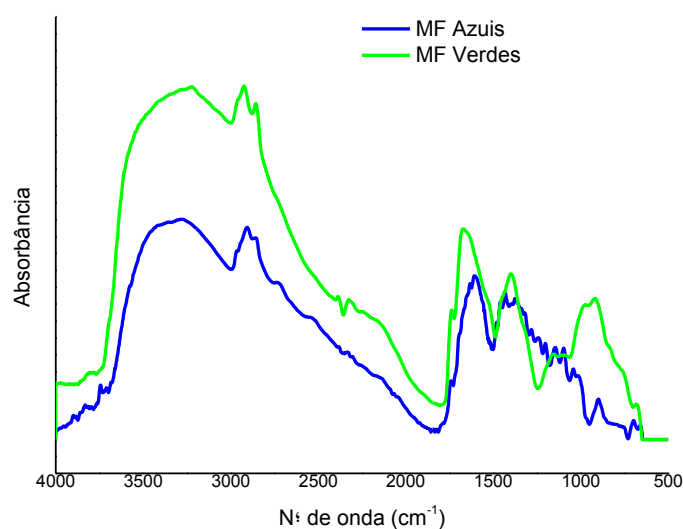


Tabela 7: atribuições de identificação de Poliamida

Nº de onda (cm <sup>-1</sup> )	Atribuição de banda
~3330	Alongamento N-H
~3080	Deformação angular de N-H
~3020	Alongamento simétrico de C-H
~2950	Alongamento assimétrico de CH <sub>2</sub>
~2841	Alongamento simétrico de CH <sub>2</sub>
~1660	Amida I (alongamento C=O)
1535-1555	Amida II (deformação N-H)
~934	Cristalização (deformação axial de amida C-CO)

Fonte: Guerrini et al., 2009

As poliamidas são utilizadas para tecidos e tapetes, linhas de pesca e substituto de metais em engrenagens. Possui boa maleabilidade e flexibilidade além de ótima resistência (ABIPLAST, 2018).

A poliamida (nylon) encontrada sugere um descarte inadequado de redes de pesca no mar ou a perda e corte de redes, pouca ou nenhuma manutenção no material aonde o mesmo libera fibras quando em contato frequente com a água e com intempéries.

Contudo, para certificar a origem das amostras, análises térmicas e termogravimétricas devem ser realizadas, pois com dados de temperatura de fusão e degradação desta matriz polimérica será possível a confirmação exata do material do qual as MF são constituídas.

A Tabela 8 mostra as identificações dos grupos funcionais principais para a identificação de todas as MFs.

Tabela 8: Identificação dos grupos funcionais das microfibras

MF Pretas	MF Vermelhas	Bandas	MF Azuis	MF Verdes	Bandas
Nº de onda (cm <sup>-1</sup> )	Nº de onda (cm <sup>-1</sup> )		Nº de onda (cm <sup>-1</sup> )	Nº de onda (cm <sup>-1</sup> )	
3330	3340	Estiramento OH	3340	3250	Estiramento N-H
2915	2920	Estiramento CH <sub>2</sub>	2900	2920	Estiramento CH <sub>2</sub>
2850	2865	Estiramento CH <sub>2</sub>	1608	1650	C=O de amidas
2240	2240	COO de éster	1400	1380	Deformação N-H
1740	1730	C=O de ésteres	1040	1116	Deformação angular fora do plano de amidas
1630	1625	C=C-C anel aromático	890	930	Deformação axial C-CO
1450	1450	C-H de alcanos			
1020	1040	Tensão de anel			
1230	1230	C-O de ésteres			
660	670	C-H de aromáticos			

Fonte: dos Santos, Evelise Fonseca (2018)

## 5. CONCLUSÃO

O teste da metodologia de digestão dos tratos gastrointestinais através de KOH se mostrou extremamente eficiente na digestão de tecidos moles, para tecidos mais musculosos o reagente se mostrou pouco efetivo. O método utilizado mostrou maior eficiência, quando acrescido de agitação constante e temperatura de 50°. Após 3 horas de agitação foi obtida a digestão total.

Dos 21 espécimes coletados no estuário do Rio Tramandaí, apenas um indivíduo não apresentou contaminação por microplásticos, devido ao fato de serem poucos indivíduos não é possível inferir que todos os peixes do estuário estão contaminados, ou ainda, que os peixes do gênero *Genidens* não são contaminados por microplásticos.

Uma vez que a presença dos microplástico foi constatada em 20 espécimes de peixes coletados, são necessárias novas pesquisas com outros indivíduos e espécies presentes na região, sejam eles peixes, aves ou invertebrados zoobentônicos tendo em vista que o método se tornou extremamente eficaz na digestão de tecidos moles.

Foram contabilizadas 115 fibras plásticas e um único fragmento plástico. Sendo elas 52% fibras pretas, 17% azuis e 12% brancas. As Tainhas foram os peixes que continham maior quantidade de fibras em seu TGI, isso pode ser atribuído a sua dieta, habito de vida e habitat.

As análises FTIR apontam que as microfibras coloridas podem ser PET (poliéster) e poliamida. Esses resultados demonstram que os TGIs dos peixes presentes no estuário do Rio Tramandaí estão contaminados com materiais de origem antrópica. Melhorias nas condições de saneamento locais e a conscientização das pessoas quanto ao descarte correto dos resíduos poderiam minimizar esses problemas.

Apesar das análises FTIR terem demonstrado estes resultados, há de se levar em consideração o fator degradação das amostras, onde há absorção de água pelas fibras e perda de grupos funcionais, levando em consideração que os grupos podem vir a se alterar quando expostos a fatores externos. Tendo isto, é necessário para uma confirmação exata quanto a origem das amostras que hajam outras análises termogravimétricas e térmicas.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE. *Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil, 2017*. Disponível em: <http://abrelpe.org.br/download-panorama-2017/> Acesso em: 15 ago. 2018.

ABIPLAST. Associação Brasileira da Indústria do Plástico. Disponível em: <http://file.abiplast.org.br/file/download/2018/Perfil-2017.pdf> acesso em: 12 de março 2018.

ALLEN, M.J.; MOORE, S.L.; *Distribution of Anthropogenic and Natural Debris on the Mainland Shelf of the Southern California Bigh*. Marine Pollution Bulletin. Science Direct v.40; pg. 83-88 (2000).

ANDRADI, A. L de.; *The plastic in microplastic: A review*. Marine pollution Bulletin v119 pg.12-22 (2017).

ANDRADY A.; *Microplastics in the marine environment*. Marine Pollution Bulletin, v.62 pg.1596-1605 (2011)

ANDRADE NETO, G.F. de.; *Ocorrência, distribuição e grau de poluição por pellets, lixo de praia e lixo bentônico nas praias do município de Salvador, Bahia, Brasil*. Universidade Federal da Bahia (2014)

ARAÚJO, M.C.B. de.; COSTA, M.F.da.; *Lixo no ambiente marinho*. (2003). Primeira Linha. Ciência hoje. v.32. n 191. pg. 64-69.

ARAHMAN, N; FAHRINA, A.; AMALIA, Sastika; SUNARYA, R.; MULYATI S. *Effect of PVP on the characteristic of modified membranes made from waste PET bottles for humic acid removal*. F1000Research 2017, 6:668 Last updated: 16 jun 2017. (doi: 10.12688/f1000research.11501.1)

AZEVEDO, P.B., LEITE, J.C.A., OLIVEIRA, W.S.N., SILVA, F.M.da., FERREIRA, P.M. de L. *Diagnóstico de degradação ambiental de Pombal – PB*. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável. BRASIL. v.10, nº1, pg. 20-34, jan./mar., 2015.

BACKHURST, M.K.; COLE,R.G.; *Biological impacts of boating at Kawau Island, north-eastern New Zealand*. (2000). Journal of Environmental Management. Sience Direct. v.60; pg. 239-251.

BARBOZA, L.G.A. et al.; *Single and combined effects of microplastics and mercury on juveniles of the European seabass (*Dicentrarchus labrax*): Changes in behavioural responses and reduction of swimming velocity and resistance time.* (2018) *Environmental Pollution*. v. 236; pg. 1014-1019.

BARBOSA, A.C.B.; *Efeitos ecotoxicológicos de microplásticos e outros contaminantes ambientais em *Daphnia magna*.* (2017). Tese de Mestrado. Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar. Faculdade de Ciências. Lisboa –Portugal.

BISI JUNIOR, R.C.; BISSOLI, L.B.; COUTINHO, M.S.; EGGHERTH, M.K.P.; FREITAS, A.C.T.; GONÇALVES, J.G.; MARTINS, T.R.; PERASSOLI, F.; QUARESMA, V.S.; ROSSONI, L.M.; SALVIATO, J.T.; *Avaliação quali-quantitativa e espacial de microplásticos ao longo da praia da Barrinha, Vilha Velha (ES).* In: XIV Congresso Latino-Americano de Ciências do Mar – XIV COLACMAR (2011).

BESSA, F.; BARRIO, P.; NETO, J.M.; FRIAS, J.P.G.L.; OTERO, V.; SOBRAL, P.; MARQUES, J.C.; *Occurrence of microplastics in commercial fish from a natural estuarine environment.* *Marine Pollution Bulletin* v.128. pg. 575-584 (2018).

BROWNE, M. A. et al. *Accumulation of microplastics on shorelines worldwide: Sources and sinks.* *Environmental Science & Technology* v.45 pg. 9175–9179 (2011).

BORTOLUZZI, T., ASCHENBRENNER, A. da C., SILVEIRA, C. R. da., ROSS, D.C., LEPKOSKI, E.D., MARTINS, J., GOULART, M.G., QUEROL, E., QUEROL, M.V. *Hábito alimentar da sardinha prata, *Lycengraulis grossidens* (spix & agassiz, 1829), (pisces, engraulidae), rio uruguai médio, sudoeste do rio grande do sul, brasil.* *Biodiversidade Pampeana, PUCRS – Uruguaiana*. v.4, pg 11-23 (2006).

BELLAS, J., MARTÍNEZ-ARMENTAL, J., MARTÍNEZ-CÁMARA, A., BESADA, V., MARTÍNEZ-GOMES, C. *Ingestion of microplastics by demersal fish from the Spanish Atlantic and Mediterranean coasts.* *Marine Pollution Bulletin* v.109 pg.55–60 (2016)

BRYDSON, J.A. *Plastics Materials*. 7ª ed. Ed. Butterworth Heinemann. Nova Deli (1999)

BRANDRUP, J., IMMERGUT, E.H., GRULKE, E.A. *Polymer handbook*. 4ª ed. Ed. Wiley. New York. (1999)

BRASIL. **LEI Nº 6.938, de 31 de Agosto de 1981.** Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm) Acesso em: 20 de jun. 2018.

BARRAZA-GARZA, G., DE LA ROSA, L. A., MARTÍNEZ-MARTÍNEZ, A., CASTILLO-MICHEL, H., COTTE, M., ALVAREZ-PARRILLA, E. *La microespectroscopía de infrarrojo con transformada de Fourier (FTIRM) en el estudio de sistemas biológicos*. Revista Latinoamericana de Química, 41(3), 125-148. (2013).

CARR, S.A., LIU, J., TESORO, A.G. *Transport and fate of microplastics particles in wastewater treatment plants*. Water Research. v. 91, p. 174-182 (2017)

CARPENTER, E.J.; ANDERSON, S.J.; HARVEY, G.R.; MIKLAS, H.P.; PECK, B.B.; *Polystyrene spherules in coastal Waters*. (1972). Science. v. 178(4062): 749-50.

CANEVAROLO, Jr. SEBASTIÃO, V. *Polímeros. Um texto básico para tecnólogos e engenheiros*. 2 ed. Artliber Editora Ltda. 2006. 282.

CEDERVALL, T. et al.; *Food Chain Transport of Nanoparticles Affects Behaviour and Fat Metabolism in Fish*. (2012) PLoS ONE 7(2): e32254.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0032254>

CHESIRE, A. et al.; *UNEP/IOC Guidelines on Survey and Monitoring of Marine Litter* (2009). Regional Seas Reports and Studies. v. 183

CEPSUL / IBAMA – *Relatorio sobre a reunião técnica para o ordenamento da pesca da Anchova (Pomatomus saltatrix) nas regiões sudeste e sul do Brasil* (2009). Itajaí –SC. Ordenamento da Pesca da Anchova. Setor de Ordenamento Pesqueiro.

DHIMMER, V.R.; *Microplastics in gastrointestinal tracts of Trachurus trachurus and Scomber colias from the Portuguese Coastal Waters* (2017). 33f. Tese de mestrado. Faculdade de ciências e tecnologia / Universidade nova de Lisboa (FCT). Lisboa – Portugal.

DEUDERO, S.; ALOMAR, C.; *Mediterranean marine biodiversity under threat: Reviewing influence os marine litter on species* (2015) Marine Pollution Bulletin. v.98, pg. 58-68.

DONALDSON, K. et al. *Pulmonary toxicity of carbon nanotubes and asbestos—similarities and differences*. Advanced drug delivery reviews v.65, pg.2078–2086 (2013).

DROBNY, J.G. *Radiation technology for Polymers*. CRC Press, Boca Raton (2003)

DESGRUPTA, S., HAMMOND, W.B., GODDARD III, W.A. *Crystal structures and properties of nylon polymers from theory*. Journal of American Chemical Society. v.118, No. 49. pg. 12291-12301. (1996)

DERRAIK, J.G.B., *The pollution of the marine environment by plastic debris: a review*. Marine Pollution Bulletin. v.44. pg. 842-852. (2002).

FOSSI, M.C. et al.; *Intestinal alterations in European sea bass *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758) exposed to microplastics: Preliminary results* (2016) . Environmental Pollution. v. 212; pg. 251-256.

FERNANDA M. B. COUTINHO, IVANA L. MELLO, LUIS C. de SANTA MARIA. Instituto de Química, UERJ. *Polietileno: Principais tipos, propriedades e aplicações*. Polímeros: Ciência e Tecnologia, vol. 13, nº 1, pg. 1-13 (2003)

GUVEN, O. et al.; *Microplastic litter composition of the Turkish territorial waters of the Mediterranean Sea, and its occurrence in the gastrointestinal tract of fish* (2017). Environmental Pollution. v.223. pg. 286-294.

GOMES, L. de C., GOLOMBIESKI, J.I., GOMES, A.R.C., BALDISSEROTO, B. *Biologia do Jundiá *Rhamdia quelen* (Teleostei, Pimelodidae)* (2000). Ciência Rural. Santa Maria, v. 30, n.1. pg. 179-185.

GOSHAL, S., CHEN, M., WAGNER, J., WANG, Z.M., WALL, S. *Molecular identification of polymers and anthropogenic particles extracted from oceanic water and fish stomach – A Raman micro-spectroscopy study*. Environmental Pollution. v. 233. pg.1113-1124 (2018).

GUERRINI, L.M., BRANCIFORTI, M.C., CANOVA, T., BRETAS, R.E.S. *Electrospinning and characterization of polyamide 66 nanofibers with diferente molecular weights*. Material Research, v. 12, No. 2, pg. 181-190 (2009).

HAIMOVIC, M. & KRUG, L.C. *Alimentação e reprodução da Anchova (*Pomatomus saltatrix*) no litoral Sul do Brasil* (1992). Revista Brasileira de Biologia. ed. 52(3); pg. 503-513.

HARRISON, J.P., OJEDA, J.J., ROMERO-GONZALEZ, M.E., *The applicability of reflectance micro-Fourier-transform infrared spectroscopy for the detection of synthetic microplastics in marine sediments*. Science Total Environmental. v. 416. pg. 455-463 (2012)

HALPERN, B.S., WALBRIDGE, S., SELKOE, K.A., KAPPEL, C.V., MICHELI, F., D'AGROSSA, C., BRUNO, J.F., CASEY, K.S., EBERT, C., FOX, H.E., FUJITA, R., HEINEMANN, D., LENIHAN, H.S., MADIN, E.M.P., PERRY, M.T., SELIG, E.R., SPALDING, M., STENECK, R., WATSON, R. *A Global Map of Human Impact on Marine Ecosystems*. Science. v.319. pg. 948-952. (2008)

IVAR DO SUL, J.A.; Contaminação ambiental por microplásticos em Fernando de Noronha, Abrolhos e Trindade. *551.46 CDD (22. ed.) 201 BCTG – Universidade Federal de Pernambuco (2014)*

IVAR DO SUL, J.A., *Implicações de fatores ambientais na deposição de plástico no ambiente praiado de um ecossistema estuarino*. 2008. 45f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós Graduação em Oceanografia. Recife, 2008.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. *Relatório de Pesquisa: Pesquisa sobre Pagamento por Serviços Ambientais Urbanos para Gestão de Resíduos Sólidos*. Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais (DIRUR). Brasília (2010). Disponível em: [http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com\\_content&id=1170](http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&id=1170) Acesso em: 05 ago. 2018.

ISLAM, Md., S., TANAKA, M. *Impacts of pollution on coastal and marine ecosystems including coastal and marine fisheries and approach for management: a review and synthesis*. Marine Pollution Bulletin. V.48. pg. 624-649 (2004).

JOVANOVIĆ, B.; *Ingestion of microplastic by fish and its potential consequences from a physical perspective* (2017). Integrated Environmental Assessment and Management. v.13 n.3. pg 510-515.

JAMBECK, J.R., GEYER, J., WILCOX, C., SEGLER, T.R., PERRYMAN, M., ANDRADY, A., NARAYAN, R., LAW, K.L. *Plastic waste inputs from land into the ocean*. Science. v.334. pg. 768-771. (2015).

LAMENDOLA, G. *O impacto causado pelos lixões a céu aberto*. Disponível em: [https://portalresiduossolidos.com/page/5/?p=%3C%3Fphp%20the\\_ID%28%29%3B%20%3F%3E&fb\\_comment\\_id=1866961183327057\\_1872625139427328](https://portalresiduossolidos.com/page/5/?p=%3C%3Fphp%20the_ID%28%29%3B%20%3F%3E&fb_comment_id=1866961183327057_1872625139427328) Acesso em: 12 de mai. de 2018.

- LAIST, D.W.; *Impacts of Marine Debris: Entanglement of Marine Life in Marine Debris Including a Comprehensive List of Species with Entanglement and Ingestion Records* (1997). Springer Series on Environmental Management. Springer, New York, NY. pg. 99-139
- LUSHER, A.; MENDOZA, J. *Microplastics in fisheries and aquaculture: Status of knowledge on their occurrence and implications for aquatic organisms and food safety* FAO Roma (FISHERIES AND AQUACULTURE TECHNICAL PAPER) v.615. (2017).
- LENZ, R., ENDERS, K., STEDMON, C.A., MACKENZIE, D.M.A., NIELSEN, T.G. A *critical assessment of visual identification of marine microplastic using Raman spectroscopy for analysis improvement*. Marine Pollution Bulletin. v.100. pg.82-91 (2015)
- LINGGAWATI, A., MOHAMMAD, A.W., GHAZALI, Z. *Effect of electron beam irradiation on morphology and sieving characteristics of nylon-66 membranes*. European Polymer Journal. v. 45. No. 10. pg.2797-2804 (2009).
- LOITZENBAUER, E.W., *Interfaces da Gestão Integrada de Recursos Hídricos e da Zona Costeira: Uma Aplicação na Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí*. 2010. 143f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2010.
- MACHADO, A.A.; *Estudo da contaminação por Resíduos Sólidos na Ilha do Arvoredo: Principal Ilha da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo (RBMA), SC*. (2006) Monografia. Fundação Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Rio Grande / RS.
- MIRANDA, D. de A.; *Presença de microplástico no conteúdo estomacal de peixes de importância econômica em Salvador – BA*. (2011) Universidade Católica de Salvador. Simpósio de Ciências Ambientais. Bahia
- MALABARBA, L.R., NETO, P.C., BERTACO, V. A., CARVALHO, T.P., SANTOS dos, J.F., ARTIOLI, L.G.S., *Guia de identificação dos peixes da bacia do Rio Tramandaí* Porto Alegre. Ed.: Via Sapiens pg. 8-9. (2013).
- MOORE, C.J., *Synthetic polymers in the marine environment: A rapidly increasing, long-term threat*. Environmental Research. Science direct. v.108 pg.131-139 (2008)
- MARTINS, G. A. S. - “Informações sobre Manuseio e Estocagem de Polietilenos e Polipropilenos” – Boletim Técnico nº14 – OPP Petroquímica S.A. – Agosto (1999).
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, FEPAM, ENGEPIO; *Plano Estadual de Resíduos Sólidos do RS.(2015-2034)* (DEZ. 2014).

- MINTENIG, S.M., INT-VEEN, I., LODER, M.G.J., PRIMPKE, S., GERDTS, G. *Identification of microplastics in effluents of waste treatment plants using focal plane array-based micro-Fourier- infrared imaging*. Water Research. v. 108, p. 365-372 (2017).
- MUTHA, S., AGGER-GUPTA, N., KARLINER, L.S., CHEN, A., HM., JACOBS, E. *The Need for More Research on Language Barriers in Health Care: A Proposed Research Agenda* (2006). Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1468-0009.2006.00440.x> acesso em: 10 de ago. 2018.
- NORIA. *Benefícios del análisis FTIR*. Adaptado de <http://noria.mx/lublearn/beneficios-del-analisis-ftir/> (2017).
- OLIVEIRA, A.de L., TESSLER, M.G., TURRA, A. *Distribuição de lixo ao longo de praias arenosas – Estudo de caso na Praia de Massaguaçu, Caraguatatuba, SP*. Revista da Gestão Costeira Integrada 11(1):75-84 (2011) Journal of Integrated Coastal Zone Management 11(1):75-84 (2011).
- Organização das Nações Unidas. *17 Objetivos para transformar nosso mundo*. ONU-BR Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/> Acesso em: 04 set. 2018
- PRAMANIK, N. K.; ALAM M.S.; KHANDAL, R. K. *Electron Beam Irradiation of Nylon 66: Characterization by IR Spectroscopy and Viscosity Studies*. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology. Vol. 4, Issue 1, January 2015
- POLEZA, F.; FILLMAN, G. *Microplásticos em produtos cosméticos comercializados no Brasil: Uma fonte relevante para a contaminação aquática*. (2012) IN: XII Congresso Brasileiro de Ecotoxicologia Porto de Galinhas – PE
- PEREIRA, F.C.; *Microplástico no ambiente marinho: Mapeamento de fontes e identificação de mecanismos de gestão para minimização da perda de pellets plásticos*. (2014) Tese de mestrado. Universidade de São Paulo (USP). SP.
- PEGADO, T.de S.,S., SCHMID, K., WINEMILLER, O., CHELAZZI, D., CINCINELLI, A., DEI, L., TOMMASO, G., *First evidence of microplastic ingestion by fishes from the Amazon River estuary*. Marine Pollution Bulletin, v.133, pg. 814-821 (2018).
- PINHEIRO, C.; OLIVEIRA, U.; VIEIRA, M.; *Occurrence and impacts os microplastics in Freshwater fish*. (2017). Journal of aquaculture & Marine biology. v.5, Issue 6,

POSSATO, F.E.; BARLETTA, M.; COSTA, M.F.; IVAR DO SUL, J.A.; DANTAS, D.V.; *Plastics debris ingestion by marine catfish: Na unexpected fisheries impact.*(2011). Marine Pollution Bulletin.

PRUTER, A. T.; *Sources, quantities and distribution of persistent plastics in the marine environment.* (1987) Marine Pollution Bulletin. Science Direct. v.18. pg. 305-310

POLAND, C. A. et al. *Carbon nanotubes introduced into the abdominal cavity of mice show asbestos-like pathogenicity in a pilot study.* Nature nanotechnology v.3, pg.423–428 (2008).

ROMEO, T.; BATTAGLIA,P., PEDA, C., CONSOLI, P., ANDALORO, F., FOSSI, M.C. *First evidence of presence of plastic debris in stomach of large pelagic fish in the Mediterranean Sea.* Marine Pollution Bulletin. v. 95. pg. 358-361. (2015).

RETO, M.A.S. – Revista Plástico Moderno, p.22, Agosto (2000).

ROCHMAN, C.M., HOH, E., KUROBI, T., TEEH, S.J. *Ingested plastic transfers hazardous chemicals to fish and induces hepatic stress.* Scientific Report, v. 3. Nº 3263 (2013).

RIBEIRO, J. W., ROOKE, J.M.S. *Saneamento básico e a sua relação com o meio ambiente e a saúde pública.* 2010. 36f. Tese de conclusão de Especialização em Análise Ambiental. Universidade Federal de Juiz de Fora. Faculdade de Engenharia. (2010).

SANTANA, J. P. (27 de março de 2017). *Perspectivas 2017- Plásticos: Consumidores de transformados projetam aumento gradativo de demanda para os próximos anos.* Acesso em 15 de maio de 2018, disponível em: [quimica.com.br](http://quimica.com.br):  
<https://www.quimica.com.br/perspectivas-2017-plasticos-consumidores-de-transformados-projetam-aumento-gradativo-de-demanda-para-os-proximos-anos/>

SEMA – Secretaria Estadual do Meio Ambiente. *Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio Grande do Sul 2015-2034.* Governo do Estado do Rio Grande do Sul. Dez. 2014.

SPINACÉ, M.A.S., DE PAOLI, M.A. *A tecnologia da reciclagem de polímeros.* Química Nova, v.28, No. 1, pg. 65-72 (2005)

SILVERSTEIN, R.M., WEBSTER, F.X., KIEMLE, D.J., *Spectrometric identification of organic compounds.* ed. John Wiley and Sons INC. 7th edition. (2005).



SUTTON, R., MASSON, S.A., STANEK, S.K., WILLIS-NORTON, E. *Microplastics contamination in the San Francisco Bay, California, USA*. Marine Pollution Bulletin, v. 109, n.1, p.230-235 (2016).

THOMPSON, R. et.al.; *Microplastic—an emerging contaminant of potential concern?* (2007) Integrated Environmental Assessment and Management. v.3; pg.559-566.

UNEP. *Biodegradable plastics and marine litter misconceptions, concerns and impacts on marine environments*. United Nations Environment Programme (UNEP). Nairobi, 2015.

VELANDIA CABRA, J. R. *Identificación de polímeros por espectroscopía infrarroja*. Revista Ontare. pg.5 (2017).

ZIAJAHROMI, S., NEALE, P.A., RINTOUL, L., LEUSCH, F.D.L. *Wastewater treatment plants as a pathway for microplastics: development of a new approach to sample wastewater-based on microplastics*. Water Research. v. 112, p. 93-99 (2017).

WARDROP, P., SHIMETA, J., NUGEGODA, D., MORRISON, P.D., MIRANDA, A., TANG, M., BRADLEY, O. *Chemical Pollutants Sorbed to Ingested Microbeads from Personal Care Products Accumulate in Fish*. Environmental Science Technology. v.50 (7) pg. 4037-4044 (2016).

WRIGHT, S. L., ROWE, D., REID, M. J., THOMAS, K. V. & GALLOWAY, T. S. *Bioaccumulation and biological effects of cigarette litter in marine worms*. Scientific Reports v.5 (2015).

WISSMAN, M.A., SCHAFER, J.D., KONRAHT, J.M., CUNHA, E.C. *O futuro do lixo: um estudo sobre a geração de lixo e os gastos ambientais na região Sul do Brasil*. In: XIII Congresso Internacional de Custos. 2013. Cidade do Porto- Portugal. Enf.: Ref. Cont. UEM-Paraná. v.33. n.3. pg. 67-82. set./dez. 2014.