

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL
BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS: ÊNFASE EM BIOLOGIA
MARINHA E COSTEIRA

DIOGO MORAES VIANNA

ANÁLISE QUANTITATIVA DA OCORRÊNCIA DE MICROPLÁSTICO NO
MARISCO BRANCO (*Amarilladesma mactroides* (Reeve, 1854)) EM UMA PRAIA NO
LITORAL NORTE DO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL

IMBÉ

2022

DIOGO MORAES VIANNA

**ANÁLISE QUANTITATIVA DA OCORRÊNCIA DE MICROPLÁSTICO NO
MARISCO BRANCO (*Amarilladesma mactroides* (Reeve, 1854)) EM UMA PRAIA NO
LITORAL NORTE DO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas: ênfase em Biologia Marinha e Costeira na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em convênio com a Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Matias do Nascimento Ritter

Supervisora: Dra. Cacinele Mariana da Rocha

IMBÉ

2022

DIOGO MORAES VIANNA

**ANÁLISE QUANTITATIVA DA OCORRÊNCIA DE MICROPLÁSTICO NO
MARISCO BRANCO (*Amarilladesma mactroides* (Reeve, 1854)) EM UMA PRAIA NO
LITORAL NORTE DO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas: ênfase em Biologia Marinha e Costeira na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em convênio com a Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Matias do Nascimento Ritter

Supervisora: Dra. Cacinele Mariana da Rocha

Aprovado em: 06/10/2022

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Fabio Lameiro Rodrigues
Universidade Federal do Rio Grande do sul

Prof^a. Dr^a. Mercia Barcellos da Costa
Universidade Federal do Espírito Santo

CIP - Catalogação na Publicação

Moraes Vianna, Diogo
ANÁLISE QUANTITATIVA DA OCORRÊNCIA DE MICROPLÁSTICO
NO MARISCO BRANCO (*Amarilladesma mactroides* (Reeve,
1854)) EM UMA PRAIA NO LITORAL NORTE DO RIO GRANDE DO
SUL, BRASIL / Diogo Moraes Vianna. -- 2022.
34 f.
Orientador: Matias do Nascimento Ritter.

Coorientadora: Cacinele Mariana da Rocha.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto
de Biociências, Curso de Ciências Biológicas: Biologia
Marinha e Costeira, Porto Alegre, BR-RS, 2022.

1. Poluição Marinha. 2. Mollusca. 3. Lixo no mar.
4. KOH. 5. fibras. I. do Nascimento Ritter, Matias,
orient. II. Mariana da Rocha, Cacinele, coorient.
III. Título.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha mãe por sempre me apoiar, incentivar e por ter me dado todas as condições possíveis para que eu chegasse até aqui.

Agradeço aos meus irmãos.

Agradeço a todos os colegas e amigos com quem eu tive a oportunidade de conviver e trocar diversas experiências incríveis, especialmente: Juliana Stein e Leonardo Pinheiro.

Agradeço à Thayse Freitas, por ter sido a minha dupla oficial durante todos esses anos de graduação, agradeço a ela por todas as experiências que tivemos durante esses longos anos, que, com certeza, foram mais leves por conta da nossa amizade, a qual levarei para o restante da minha vida.

Agradeço aos meus orientadores, Matias Ritter e Cacinele Rocha, por toda a ajuda, paciência, e tempo dedicado a me auxiliar durante todos esses anos, por todas as palavras amigas e incentivos.

Agradeço ao Laboratório de Águas Superficiais e Subterrâneas (LASS), por todos os momentos de aprendizagem que tive durante meu período como bolsista e por terem me auxiliado durante todas as análises do meu TCC.

Agradeço à Universidade Federal do Rio Grande do Sul e à Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, por me oferecerem um ensino público, gratuito e de qualidade.

Agradeço ao CECLIMAR e a todos os seus funcionários.

Agradeço ao *Sport Club* Internacional por ter sido um refúgio durante vários momentos da minha vida durante a graduação.

Por fim agradeço a todos que de alguma forma fizeram parte dessa etapa da minha vida.

“O ser humano é mesmo fantástico, criou até uma ilha de plástico. É o mercado, o consumo, ano após ano, sem pensar no amanhã, sem pensar no oceano. Onde a baleia, o golfinho, a vida marinha, morre engasgada com garrafa e latinha. Respeito, resistência, recomeço, repensar. Porque nós somos da Terra, nós somos do Mar.”

Vitor Isensee

RESUMO

A poluição marinha é definida como a introdução pelo homem de substâncias ou energias, causadoras de diversos efeitos negativos no ambiente e organismos marinhos. O lixo no mar é qualquer material antropogênico sólido descartado que chega ao ambiente marinho, tendo como principal componente as peças plásticas. No ano de 2019, foram produzidas aproximadamente 370 milhões de toneladas de materiais plásticos em nível mundial. O microplástico (MP) é todo material plástico inferior a 5 mm e é considerado um complexo problema ambiental marinho, sendo encontrado nos mais diversos ambientes e organismos. O marisco branco (*Amarilladesma mactroides*) é uma espécie com grande importância econômica e cultural para a região sul da América do Sul e é um organismo potencialmente vulnerável à poluição por MP por viver em praias arenosas e ser exclusivamente filtrador. Sendo assim, este trabalho se propôs a identificar e quantificar a ocorrência de MP em espécimes de marisco branco coletados na praia de Balneário Pinhal, Litoral Norte do Rio Grande do Sul, Brasil. Foram coletados 116 espécimes de marisco branco (65 juvenis e 51 adultos). No laboratório, a análise biológica foi realizada através da digestão da matéria orgânica com o uso de hidróxido de potássio (KOH). Foram quantificados 53 itens plásticos (50 fibras e 3 fragmentos). As fibras de cor preta foram as predominantes na amostragem (52,83 %). Os indivíduos juvenis apresentaram uma abundância (itens g⁻¹) de 0,43±0,17, já os adultos apresentaram 0,28±0,23. Foi verificada correlação negativa ($r = -0,5486$, $p < 0,001$) entre o ciclo de vida e a abundância de MP nos organismos. Estes dados podem indicar que não ocorre um maior acúmulo linear de MP ao longo da vida do marisco branco. Algumas hipóteses, como a maior demanda metabólica para os jovens, a capacidade de egestão das partículas plásticas e a morte dos indivíduos adultos, podem explicar parcialmente esse resultado. Desta forma, as implicações apresentadas comprovam que o marisco branco está contaminado por MP e, embora seja uma amostragem única, este estudo colabora com o crescimento de estudos relacionando o poluente MP com bivalves na América do Sul.

Palavras-chave: Poluição marinha; Mollusca, lixo no mar; KOH; fibras.

ABSTRACT

Marine pollution can be defined as the introduction of substances or energies by humans, which may be the reason for several harmful effects on the marine environment and organisms. Litter in the sea is any discarded solid anthropogenic material that reaches the marine environment, with plastic remains as the foremost component. In 2019, approximately 370 million tons of plastic materials were produced globally. Microplastic (MP) is any plastic material smaller than 5 mm and is considered a complex marine environmental issue, found in a wide variety of environments and organisms. The yellow clam (*Amarilladesma mactroides*) is a bivalve of great economic and cultural importance to the southern region of South America, and it is potentially vulnerable to MP pollution because it lives on sandy beaches and is exclusively a filter-feeder. Thus, this study aimed to identify and quantify the occurrence of MP in specimens of yellow clam collected at Balneário Pinhal beach, the northern coast of Rio Grande do Sul, Brazil. A total of 116 yellow clam specimens (65 juveniles and 51 adults) were recovered. In the laboratory, biological analysis was performed by digestion of organic matter using potassium hydroxide (KOH). Fifty-three plastic items (50 fibers and 3 fragments) were quantified. Black fibers were predominant in the sampling (52.83 %). Juveniles showed an abundance (items g⁻¹) of 0.43±0.17, while adults showed 0.28±0.23. A negative correlation ($r = -0.5486$, $p < 0.001$) was shown between the life cycle and abundance of MP in the organisms. These data may indicate that a greater linear accumulation of MP does not occur throughout the lifespan of yellow clam. Some hypotheses, such as the higher metabolic demand for juveniles, the ability to egest plastic particles, and the death of adult individuals, may partially explain this result. Therefore, the implications presented demonstrate that the yellow clam are contaminated by MP and, although it is a unique sampling, this study contributes to the growth of studies relating the pollutant MP with bivalves in South America.

Keywords: Marine pollution; Mollusca, litter in the sea; KOH; fibers.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da área de estudo e a indicação do local de amostragem do marisco branco (<i>Amarilladesma mactroides</i>) no município de Balneário Pinhal, Litoral Norte do Rio Grande do Sul.....	15
Figura 2 - Medidas do tamanho corporal (altura - H; comprimento - C) de uma concha direita (v.d) do molusco bivalve <i>Amarilladesma mactroides</i> Reeve, 1854.....	16
Figura 3 - Etapas do processo de digestão da matéria orgânica. (a) Processamento ultrassônico; (b) agitação orbital; (c) Filtragem; (d) filtros prontos para secagem.....	17
Figura 4 - Esquema do processo de obtenção do material biológico, triagem, digestão biológica e quantificação do MP.....	18
Figura 5 - MP encontrados nos tecidos moles de <i>A. mactroides</i> . (a) Fibra transparente e fragmento. (b) Fibra vermelha. (c) Fibra azul. (d) Fibra verde. (e) Fibra preta.....	20
Figura 6 - Gráfico de dispersão demonstrando correlação negativa entre o comprimento (mm) e abundância (itens g ⁻¹), n = 33, r = -0,5486 (p<0,001).....	23
Figura 7 - Boxplot do estágio do ciclo de vida e a abundância de MP (itens g ⁻¹), da amostragem total, n = 116, p = 0,4018.....	24
Figura 8 - Boxplot do estágio do ciclo de vida e a abundância de MP (itens g ⁻¹), dos indivíduos contaminados, n = 33, p = 0,00237.....	25

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	14
2.1 ÁREA DE ESTUDO.....	14
2.2 MATERIAL BIOLÓGICO.....	15
2.3 ANÁLISE BIOLÓGICA.....	16
2.4 CONTROLE DE CONTAMINAÇÃO.....	17
2.5 ANÁLISES NUMÉRICAS.....	18
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
4 CONCLUSÃO.....	27
REFERÊNCIAS.....	28

1 INTRODUÇÃO

A poluição marinha pode ser definida como a introdução pelo homem de substâncias ou energias no ambiente marinho, causando diversos efeitos deletérios aos recursos vivos, risco à saúde humana, dentre outros (BEIRAS, 2018). Lixo no mar é todo o resíduo sólido de origem antropogênica que entra no ambiente marinho (MMA, 2019), sendo que o principal componente são artefatos plásticos (UNEP e NOAA, 2011).

Historicamente, os materiais plásticos passaram a ser produzidos em maior escala no meio do século passado (THOMPSON et al., 2009; IVAR DO SUL e COSTA, 2014). Estima-se que, aproximadamente, 5 trilhões de partículas plásticas estão à deriva nos oceanos, com um peso aproximado de 270 mil toneladas, sendo que 35 mil toneladas são de partículas menores que 5 mm (ERIKSEN et al., 2014). No ano de 2019, foram produzidos, aproximadamente, 370 milhões de toneladas de materiais plásticos em todo o mundo (PLASTICS EUROPE, 2020); estimativas de 2010 indicam que cerca de 4,6 % dos plásticos fabricados alcançaram os oceanos (JAMBECK et al., 2015). Calcula-se que 10 a 20 milhões de toneladas de peças plásticas chegam aos oceanos todos os anos, gerando um custo de capital natural de, aproximadamente, US\$ 13 bilhões por ano aos ambientes marinhos (UNEP, 2014). No início da década de 1970 foi realizado o primeiro registro deste poluente em ambiente marinho, com registros de pedaços plásticos flutuando no mar de Sargaços, no Atlântico Norte (CARPENTER e SMITH, 1972).

Microplástico (MP) é definido pelo como qualquer material plástico de tamanho inferior a 5 mm (GESAMP, 2015). O MP pode ser classificado como primário ou secundário. Essa classificação está relacionada com a origem do material: (i) o MP primário são partículas já produzidas com tamanho inferior a 5 mm, podendo ser encontradas como *pellets*, que são usados como matéria prima na produção de componentes plásticos e também na forma de microesferas usadas na fabricação de diversos cosméticos, itens de higiene, entre outros (GESAMP, 2015); e (ii) fragmentos plásticos menores que 5 mm, originados da degradação de materiais maiores, classificados como secundários (ANDRADY, 2011; GESAMP, 2015). A composição de comunidades MP com diferentes morfologias e cores podem ser um indicativo de possíveis fontes poluidoras e quanto maior a diversidade da composição, maior a quantidade de possíveis origens deste poluente (LI et al., 2021).

Atualmente, inúmeras pesquisas relatam a presença de MP em praias arenosas, águas superficiais e sedimentos (IVAR DO SUL et al., 2009; DI e WANG, 2018; EO, 2018), sendo

encontrados até mesmo em ambientes marinhos longínquos das ações antrópicas, como por exemplo a ilha de Henderson que é considerada uma das mais remotas do Pacífico Sul, onde o MP representou cerca de 61 % de peças plásticas encontradas nos sedimentos da praia. (LAVERS e BOND, 2017).

Os MPs podem ser ingeridos por inúmeros animais marinhos, sendo encontrados em bivalves (e.g., LI et al., 2018), zooplâncton (e.g., SETÄLÄ et al., 2013; GOVE et al., 2019), poliquetas (COSTA et al., 2021), peixes (e.g., POSSATTO et al., 2011), aves (e.g., AMÉLINEAU et al., 2016) e diversos outros grupos. O MP adsorve outros poluentes na sua superfície, que ao ser ingerido pode causar diversos danos aos organismos (BRENNECKE et al., 2016; TEUTEN et al., 2009). Farrel e Nelson (2013) observaram que o MP é transferido para níveis tróficos superiores, ou seja, ocorre a biomagnificação deste poluente, o que já foi observado em espécimes do molusco bivalve *Mytilus edulis* Linnaeus, 1758 e do crustáceo decápode *Carcinus maenas* (Linnaeus, 1758).

Com uma distribuição que vai desde Santos, Brasil, até Rio Negro na Argentina (COSCARÓN, 1959; PENCHASZADEH e OLIVIER, 1975), o molusco bivalve popularmente conhecido como marisco branco - *Amarilladesma mactroides* (Reeve, 1854), é um bivalve infaunal (NUÑEZ et al., 2014), filtrador (DEFEO e SCARABINO, 1990), o qual habita a zona entre marés de praias arenosas (FIORI e MORSÁN, 2004), principalmente de praias dissipativas (FIORI e DEFEO, 2006), sendo encontrado em profundidades de até 40 cm no sedimento (COSCARÓN, 1959).

A. mactroides é uma espécie com grande importância econômica, cultura e é considerado um importante recurso pesqueiro (Coscarón, 1959; MCLACHLAN, 2018), esses organismos são capturados para alimentação humana e para a pesca, servindo de isca (BASTIDA et al., 1991). Nas décadas de 1940 e 1950 na Argentina a grande exploração deste recurso ocasionou uma redução drástica nas suas densidades populacionais na região (COSCARÓN, 1959). Na década de 1990, no Brasil, no Uruguai e na Argentina, ocorreram eventos de mortandade em massa, ocasionados por múltiplos fatores responsáveis por dizimar populações deste organismo (FIORI e CAZZANIGA, 1999). Como consequência, o *A. mactroides* foi incluído na *Red List* da IUCN, sendo classificado como uma espécie criticamente ameaçada de extinção (FIORI e CAZZANIGA, 1999), o que hoje já não vigora.

A despeito de sua importância econômica e ecológica, bem como de sua vulnerabilidade, ainda não existem estudos envolvendo a ingestão de MP por este organismo para o litoral brasileiro. O marisco branco está constantemente exposto aos MP presentes

tanto nos sedimentos (DODSON et al., 2020; QI et al., 2020), quanto na água (e.g., QI et al., 2020), especialmente por conta do seu hábito alimentar e de vida. Portanto, é um organismo extremamente interessante para a avaliação da ocorrência de MP na fauna praial e como isso se relaciona ao seu ciclo de vida.

Desta forma, este trabalho se propôs identificar e quantificar a ocorrência de MP em indivíduos de marisco branco (*Amarilladesma mactroides*) numa praia do Litoral Norte do Rio Grande do Sul, Brasil, reportando dados inéditos, a nível brasileiro, sobre o grau de contaminação destes organismos com este poluente. Visando ainda, entender se há relação entre o estágio de vida com a quantidade de MP encontrada nos organismos, revelando, assim, se há um acúmulo deste poluente ao longo do tempo nos indivíduos. A hipótese é de que o marisco branco (*A. mactroides*) já estaria contaminado por este poluente que é encontrado comumente em diversos ambientes (SCHNEIDER, 2018; CORRÊA et al., 2021) e organismos marinhos no Brasil (DA LUZ, 2018; BOM e SÁ, 2022).

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A planície costeira do Rio Grande do Sul possui cerca de 620 km, apresentando uma costa com orientação NE-SW. Está delimitada a norte pelo município de Torres e a sul, pela desembocadura do Arroio Chuí, no município de Santa Vitória do Palmar (TOMAZELLI e VILLWOCK, 2000). As praias do Litoral Norte possuem sedimentos de granulometria fina, expostos diretamente às ações das ondas (TOMAZELLI e VILLWOCK, 1992), fazendo com que as praias sejam classificadas, dentro da classificação proposta por Wright e Short (1984), como dissipativas na maior parte do tempo.

A morfologia das praias do Litoral Norte é, em sua maioria, de praias arenosas, com exceção para o município de Torres, que possui afloramentos de arenitos eólicos da Formação Botucatu e rochas vulcânicas da Formação Serra Geral (TOMAZELLI e VILLWOCK, 2000).

O Litoral Norte gaúcho é uma das regiões do estado que apresentam uma das maiores taxas de crescimento demográfico (IBGE, 2010). Dentre os municípios, Balneário Pinhal (Figura 1) é considerado um dos municípios de maior destaque no estado, de acordo com dados do último censo demográfico (IBGE, 2010), sendo que este crescimento excessivo e rápido pode ocasionar o aumento das ações antrópicas sobre os ambientes costeiros e marinhos.

Figura 1 - Localização da área de estudo e a indicação do local de amostragem do marisco branco (*Amarilladesma mactroides*) no município de Balneário Pinhal, Litoral Norte do Rio Grande do Sul.



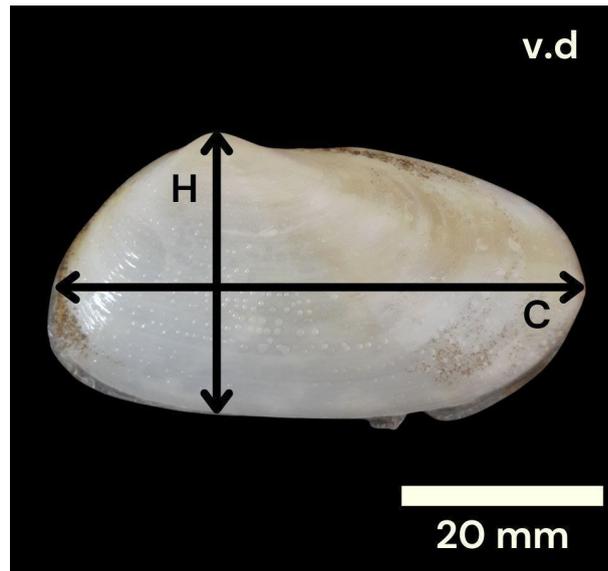
Fonte: Autor (2022) - Basemap - ArcGIS Pro.

2.2 MATERIAL BIOLÓGICO

Toda a coleta do material biológico foi realizada em um único dia, 02/03/2020, onde foi amostrado 116 indivíduos de marisco branco (*Amarilladesma mactroides*). Para a coleta destes espécimes foi utilizado um delimitador cilíndrico de 70 cm de comprimento e 23,55 cm de diâmetro, com uma distância de 30 cm entre cada ponto de coleta, para que não ocorresse uma influência da perturbação gerada ao usar o coletor no ponto seguinte. Todos os exemplares foram classificados de acordo com seu estágio de vida e, para isto, foram analisadas suas medidas biométricas (tamanho e altura) (Figura 2) com o auxílio de um paquímetro digital (precisão de 0,01 mm), exemplares maiores de 43 mm foram classificados como indivíduos adultos, de acordo com Masello e Defeo (1986). O menor indivíduo media 33,82 mm, enquanto o maior media 55,87 mm. Além disto, para cada exemplar, com uma balança de precisão, foram aferidos o peso da concha e o peso dos tecidos moles, o peso total

(somatório do peso da concha e das partes moles), medidas necessárias para usar o volume correto de solução de digestão. Logo após este processo, os indivíduos foram armazenados em *freezer* até a realização do processo de digestão da matéria orgânica. As coletas do material biológico foram feitas sob autorização ICMBio/MMA 65642-2.

Figura 2 - Medidas do tamanho corporal (altura - H; comprimento - C) de uma concha direita (v.d) do *Amarilladesma* 1854.



molusco bivalve *mactroides* Reeve,

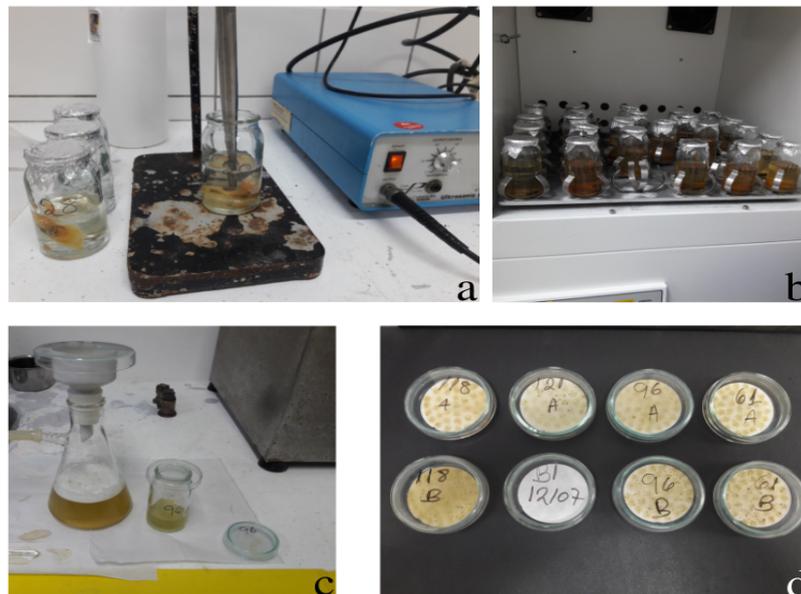
Fonte: Autor (2022).

2.3 ANÁLISE BIOLÓGICA

Para a realização da análise biológica, foi realizada uma adaptação da metodologia de Ding e colaboradores (2018). Os organismos foram analisados individualmente. Para a realização do procedimento, o material biológico teve seus tecidos moles separados da concha, sendo acondicionado em frasco de vidro do tipo *snap cap*, onde foi adicionada a solução de hidróxido de potássio 10 % (KOH 10 %) para digerir a matéria orgânica. Em seguida, a amostra ficou exposta a um sonicador (Figura 3a) por 5 minutos, sob uma frequência de 50 Hz, auxiliando na penetração do KOH 10 % nos tecidos, facilitando assim a digestão. Após, o frasco foi colocado no agitador orbital *Shaker* (Figura 3b), sob agitação a 90 rpm e temperatura, aproximada de 52 °C, durante 24 horas. Após o processo de digestão, o

líquido resultante foi filtrado em filtro de fibra de vidro Whatman GF/F, 47 mm, com o auxílio de uma bomba a vácuo e funil de Büchner (Figura 3c). O filtrado foi descartado e o filtro com o material retido foi posto em placa de Petri (Figura 3d) e levado à estufa a, aproximadamente, 50 °C para secagem. Posteriormente, o filtro foi analisado em estereomicroscópio para identificação e contagem dos MP. A Figura 4 apresenta, esquematicamente, o processo de coleta, biometria e digestão da matéria orgânica, para a análise quantitativa.

Figura 3 - Etapas do processo de digestão da matéria orgânica.: (a) processamento ultrassônico; (b) agitação orbital; (c) filtragem; (d) filtros prontos para secagem.



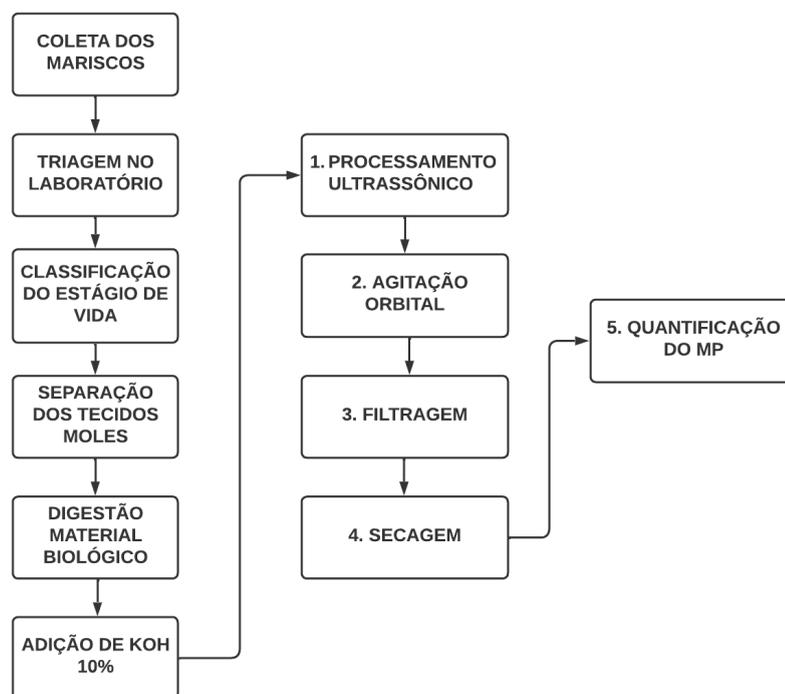
Fonte: Autor (2022).

2.4 CONTROLE DE CONTAMINAÇÃO

Para prevenir possíveis contaminações no ambiente laboratorial durante o processamento das amostras, foram mantidas fechadas todas as janelas e portas da sala de análise para que houvesse a menor circulação de ar possível. Foi usado apenas jaleco de algodão durante todos os procedimentos. Todas as etapas foram realizadas com equipamentos de metal ou vidro. Esses equipamentos foram higienizados com água destilada antes e depois de cada etapa. Os frascos de vidro com a amostra foram tampados com papel alumínio durante o processo analítico, inclusive durante a sua digestão no *Shaker*. Além de

todos estes cuidados, foram realizadas amostras controle, submetidas a todas as etapas, semelhante a uma amostra normal, porém sem a digestão de uma amostra biológica. Das 14 amostras controle, 6 apresentaram traços de MP.

Figura 4 - Esquema do processo de obtenção do material biológico, triagem, digestão biológica e quantificação do MP.



Fonte: Autor (2022).

2.5 ANÁLISES NUMÉRICAS

Cada filtro foi analisado em estereomicroscópio quanto à presença de possíveis MP. A busca dos MP foi realizada minuciosamente em toda a superfície do filtro, realizando a observação com diversos níveis de luz, para garantir a maior precisão possível na quantificação dos MP. Os MP foram identificados com base em suas características de tamanho, coloração homogênea, espessura e ausência de estruturas celulares (PATTERSON et al., 2019). Todos os MP foram classificados e agrupados de acordo com a sua morfologia e coloração.

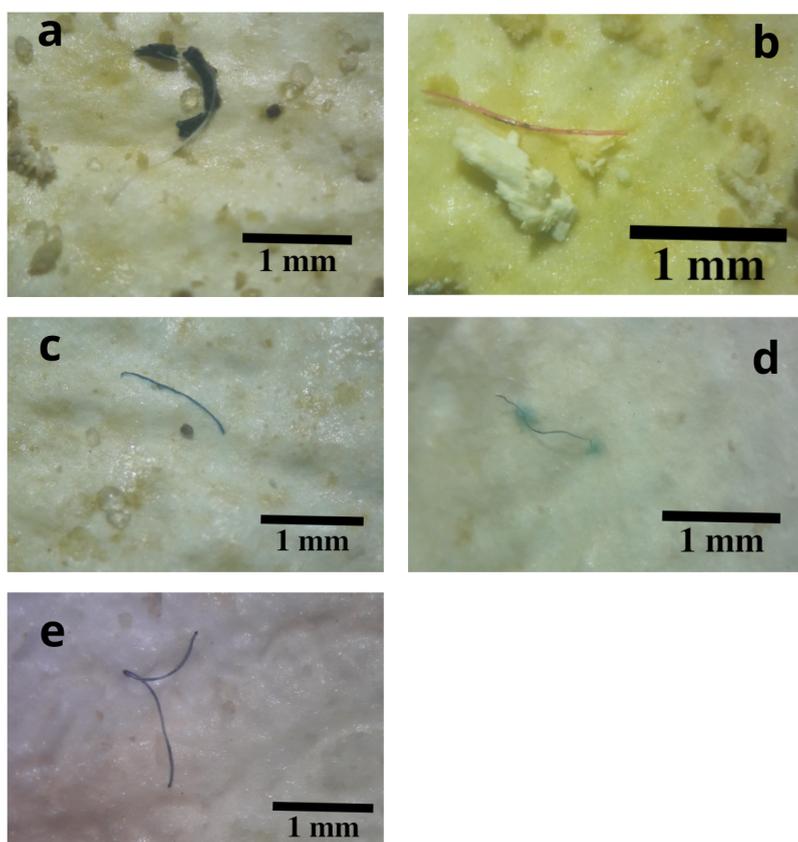
A abundância (itens.g⁻¹) foi calculada por meio da divisão da quantidade de itens plásticos por massa dos tecidos moles de cada organismo analisado, que foram, previamente, classificados quanto ao seu estágio do ciclo de vida (juvenil ou adulto).

Para verificar uma possível prevalência de MP em relação ao estágio de vida, foi realizado, primeiramente, o teste estatístico de Shapiro–Wilk (função “shapiro.test”) para testar a normalidade das variáveis. A maioria das variáveis não apresentou normalidade, com isso foi necessário utilizar o teste de Mann-Whitney (função “wilcox.test”), que é um teste não paramétrico, para comparar os dados aos pares. Também foi calculada a correlação (Pearson; função “cor.test”) destas duas variáveis para ver se o tamanho influencia no acúmulo do MP. Toda a análise e os gráficos foram produzidos no ambiente computacional R (R CORE TEAM, 2022).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao total, 116 espécimes de marisco branco foram coletados e analisados, sendo divididos entre 65 indivíduos juvenis e 51 indivíduos. Foram quantificados 53 itens plásticos encontrados em 33 indivíduos, representando 28,44 % da amostragem, sendo 15 organismos juvenis contaminados e 18 adultos. Os MP foram divididos de acordo com a sua forma e cor (Figura 5), sendo encontradas 24 fibras e 1 fragmento nos organismos juvenis e 26 fibras e 2 fragmentos nos adultos. As fibras foram divididas em grupos de acordo com a sua cor, tendo como cor dominante as fibras pretas, que apresentaram a maior frequência relativa em ambos os estágios do ciclo de vida (Tabela 1).

Figura 5 - MP encontrados nos tecidos moles de *A. mactroides*: (a) fibra transparente e fragmento; (b) fibra vermelha; (c) fibra azul; (d) fibra verde; (e) fibra preta.



Fonte: Autor (2022).

Estes dados da caracterização do MP estão em consonância com outro estudo prévio, realizado por Truchet e colaboradores (2021), que utilizaram as espécies *A. mactroides* e *B. rodriguezii*, caracterizando como o principal tipo de MP as fibras, apresentando também um predomínio da coloração preta nas suas amostras (Tabela 2). Wu e colaboradores (2022)

encontraram para a espécie de molusco bivalve *Meretrix meretrix* uma leve predominância ($31 \pm 19\%$) de fibras na coloração preta.

Para a espécie *A. mactroides*, Truchet e colaboradores (2021) encontraram apenas três colorações distintas para as fibras que, em ordem de frequência, são: preta, transparente e vermelha. Este resultado difere do encontrado no presente estudo, pois a fibra azul se apresenta com a segunda maior frequência nas amostras (Tabela 1), sendo que no estudo de Truchet e colaboradores (2021) esta coloração não foi encontrada.

Tabela 1 - Relação do tipo de MP encontrado e sua frequência relativa (FR) total e frequência nos diferentes estágios do ciclo de vida.

Tipo de MP	Quantidade total	FR total (%)	Juvenil		Adulto	
			Quantidade MP	FR (%)	Quantidade MP	FR (%)
Fibra preta	28	52,83	11	44	17	60,72
Fibra azul	9	17	6	24	3	10,71
Fibra vermelha	7	13,20	4	16	3	10,71
Fibra transparente	4	7,54	1	4	3	10,71
Fibra verde	2	3,77	2	8	0	0
Fragmento	3	5,66	1	4	2	7,15
Total MP	53	100	25	100	28	100

Fonte: Autor (2022).

De acordo com Browne e colaboradores (2010), os estuários são os principais transportadores de itens plásticos ao mar. Corrêa e colaboradores (2021) realizaram um estudo sobre a presença de MP nas águas do estuário Tramandaí - Armazém, Litoral Norte do Rio Grande do Sul, onde obtiveram como resultado apenas a presença de fragmentos plásticos. Um outro estudo realizado nas praias do Litoral Norte do Rio Grande do Sul, constatou que os sedimentos das praias de Torres - Praia Grande, Capão da Canoa e Cidreira - Praia das Cabras, estão contaminadas por MP, entretanto foram quantificados apenas fragmentos e *pellets* (SCHNEIDER, 2018). Ambos resultados que indicam uma dificuldade de quantificar as fibras nas águas do estuário e nos sedimentos destas praias. Estes resultados, em particular, diferem do encontrado nos organismos do presente trabalho, onde as fibras

foram dominantes nas amostras, indicando uma possível seletividade dos mariscos brancos por ingerirem fibras.

As fibras são materiais plásticos unidimensionais que se degradam facilmente em partículas menores (KOONGOLLA et al., 2020), o que pode justificar a predominância destes itens encontrados em diversas espécies de moluscos bivalves. É reconhecido que fibras plásticas são mais difíceis de serem removidas destes organismos do que os fragmentos (LI et al., 2015). Determinar a fonte das fibras é difícil, porém as principais fontes destes itens podem ter origem através da degradação de petrechos utilizados em atividades pesqueiras, como as redes, a descarga de efluentes irregulares vindos do continente com água da lavagem de tecidos com fibras sintéticas e produtos de higiene (BROWNE et al., 2011).

Tabela 2 - Comparação de contaminação por MP em diferentes espécies de moluscos bivalves ao redor do mundo.

Espécie	Localização	Abundância (itens g⁻¹)	Tipo de MP predominante	Cor predominante	Referência
<i>A. mactroides</i>	Balneário Pinhal (Brasil)	0 - 1,03	Fibra	Preto	Autor
<i>A. mactroides</i>	Claromecó (Argentina)	0,3 - 0,5	Fibra	Preto	Truchet et al. (2021)
<i>Brachidontes rodriguezii</i>	Claromecó (Argentina)	0,15 - 0,25	Fibra	Preto	Truchet et al. (2021)
<i>Meretrix meretrix</i>	Zhanjiang (China)	0,66±0,54	Fibra	Preto e vermelho	Wu et al. (2022)

Fonte: Autor (2022).

Analisando apenas os organismos contaminados, nota-se que há uma prevalência para a ocorrência de MP, quando observado apenas a quantidade de peças por organismo, nos indivíduos adultos. Porém quando calculada a abundância de MP por grama de tecido mole, é possível observar uma maior abundância nos indivíduos juvenis (Tabela 3). Este mesmo resultado foi observado no estudo realizado por Wu e colaboradores (2022), que analisou a contaminação por MP em *Meretrix meretrix*, e observaram uma correlação positiva para a quantidade de itens por indivíduo com o comprimento e uma correlação negativa quando feito o cálculo da abundância (itens g⁻¹) por comprimento. A correlação de Pearson entre o

estágio do ciclo de vida (comprimento) com a abundância (itens g⁻¹) apresentou uma correlação negativa, com valor de $r = -0,5486$ ($p < 0,001$) (Figura 6).

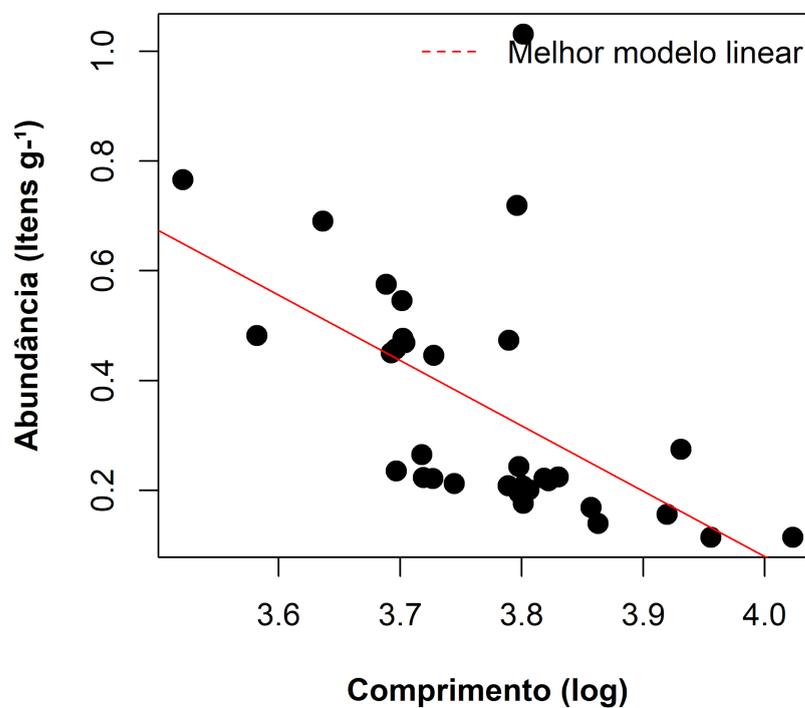
Tabela 3 - Abundância (itens g⁻¹ e itens indivíduo⁻¹) de MP encontrada em relação ao ciclo de vida dos organismos.

Ciclo de vida	Abundância	
	Itens g ⁻¹	Itens indivíduo ⁻¹
Juvenil	0,43±0,17	1,66
Adulto	0,28±0,23	1,83

Fonte: Autor (2022).

Dados contrastantes foram observados por Brâte e colaboradores (2018), que encontraram correlação positiva entre os itens ingeridos por grama em espécies de mexilhões (*Mytilus* spp).

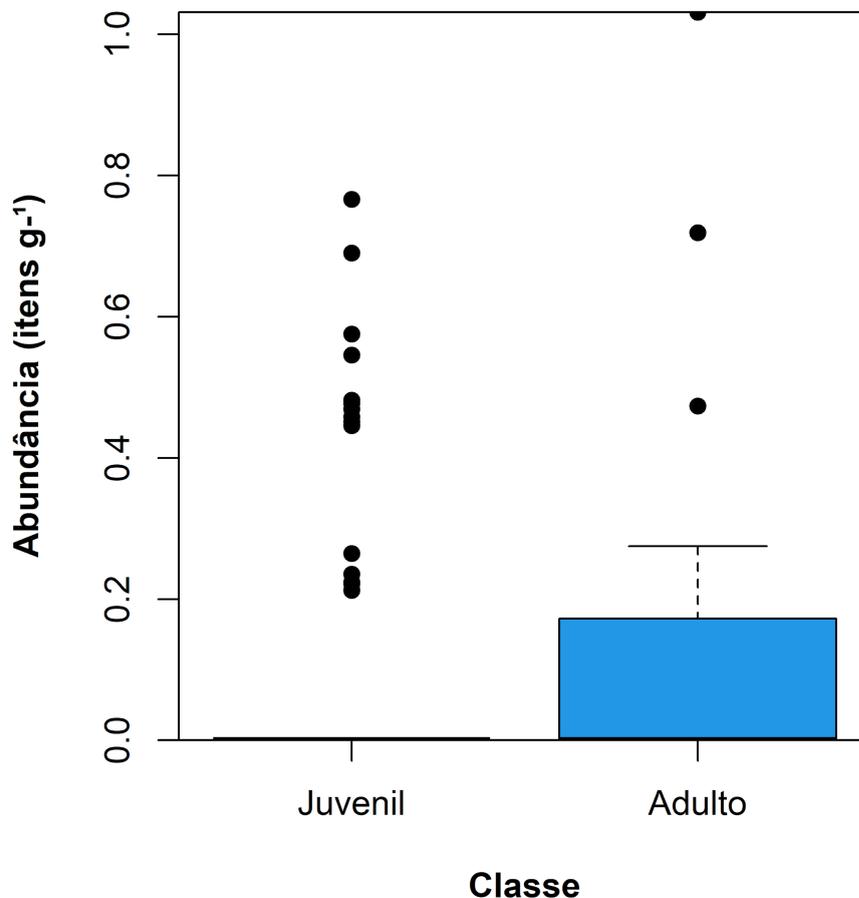
Figura 6 - Gráfico de dispersão demonstrando correlação negativa entre o comprimento (mm) e abundância (itens g⁻¹), $n = 33$, $r = -0,5486$ ($p < 0,001$).



Fonte: Autor (2022).

Foram realizados dois testes Mann-Whitney, comparando o estágio do ciclo de vida com a quantidade de MP encontrada nos organismos. O primeiro deles, foi feito a partir da amostragem total, o qual não apresentou uma diferença estatística significativa ($p = 0,4018$) (Figura 7). Já o outro teste foi realizado apenas com as amostras contaminadas, e apresentou uma diferença estatística significativa, obtendo um valor de $p = 0,00237$ (Figura 8).

Figura 7 - *Boxplot* do estágio do ciclo de vida e a abundância de MP (itens g^{-1}), da amostragem total, $n = 116$, $p = 0,4018$.

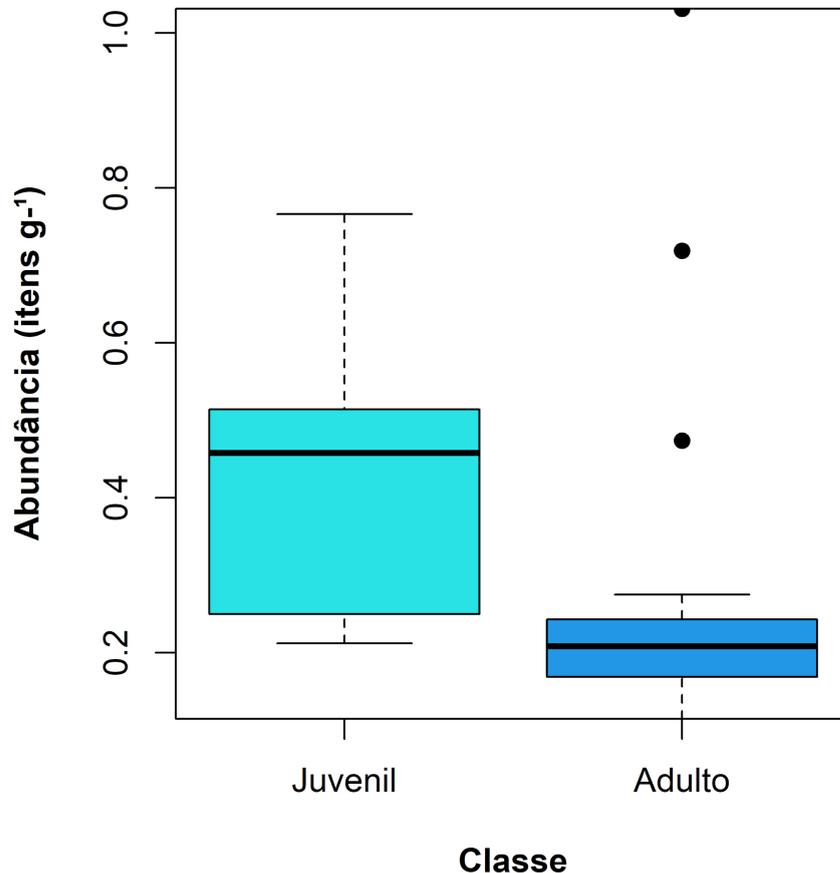


Fonte: Autor (2022).

Os resultados obtidos podem ser um indicativo de que não há um maior acúmulo de MP ao longo da vida do *A. mactroides*, pois observou-se uma maior abundância de MP nos indivíduos juvenis. Moluscos bivalves juvenis possuem uma demanda metabólica maior que os adultos, fazendo com que eles tenham que se alimentar com uma maior frequência (SYLVERTER et al., 2005), com isto eles precisam filtrar mais água durante este estágio da

vida. Consequentemente, eles estão sujeitos a capturarem mais MP que estão no ambiente, desta forma acumulando-os dentro de seus organismos.

Figura 8 - *Boxplot* do estágio do ciclo de vida e a abundância de MP (itens g⁻¹), dos indivíduos contaminados, n = 33, p = 0,00237.



Fonte: Autor (2022).

A eficiência com a qual um bivalve tem em realizar a ingestão e egestão de partículas pode variar de acordo com a sua espécie (MAHER et al., 2018) e também com o estágio do ciclo de vida (LIU et al., 2020). Desta forma, é possível deduzir que os organismos juvenis de *A. mactroides* possuem uma capacidade reduzida de egestão das partículas de MP, pois são nestes organismos jovens que há uma maior abundância de MP neste estudo e, também, podemos inferir que os adultos possuem uma maior capacidade de realizar a egestão dos MP e por isso não apresentaram um grande acúmulo de partículas plásticas.

Salvo as situações mencionadas anteriormente, pode-se sugerir a hipótese de que os organismos adultos, que apresentem um maior acúmulo de MP não foram captados em nossa amostragem, tendo em vista que a contaminação por MP pode trazer inúmeros efeitos negativos aos bivalves, como por exemplo a obstrução e/ou lesão do trato digestivo (ZHANG

et al., 2019). Além de alterar a capacidade de filtração dos indivíduos, que pode acarretar na diminuição da absorção dos nutrientes de alimentos, diminuindo a obtenção de energia que é vital para que o organismo se desenvolva e consiga realizar funções vitais para sua sobrevivência (DETREE e GALLARDO-ESCÁRATE, 2018).

4 CONCLUSÃO

O presente estudo apresenta dados que comprovam a contaminação por MP em indivíduos de marisco branco (*Amarilladesma mactroides*) na praia de Balneário Pinhal, Rio Grande do Sul, Brasil. A correlação negativa entre o ciclo de vida (comprimento) dos organismos com a abundância (itens g⁻¹) indicam que não existe um maior acúmulo de peças plásticas ao longo do tempo, mesmo para estes organismos com mais tempo de exposição aos ambientes contaminados. A grande diversidade de cores na composição da comunidade de MP indica que existem inúmeras fontes poluidoras no ambiente.

Embora este estudo tenha uma baixa amostragem e apenas um ponto de coleta, foi possível colaborar com o crescimento de estudos sobre MP em bivalves na América do Sul, tendo em vista que, atualmente, existe apenas um outro estudo com a espécie *Amarilladesma mactroides*.

REFERÊNCIAS

AMÉLINEAU, F. et al. Microplastic pollution in the Greenland Sea: Background levels and selective contamination of planktivorous diving seabirds. **Environmental Pollution**, v. 219, p. 1131–1139, 2016.

ANDRADY, A.L. Microplastics in the marine environment. **Marine Pollution Bulletin**, p. 1596–1605, 2011.

BASTIDA, R. et al. Estructura poblacional de la almeja amarilla (*Amarilladesma mactroides*) durante el verano de 1989–1990 en la Provincia de Buenos Aires, Argentina. **Frente Marítimo**, v. 9, p. 63–92, 1991.

BEIRAS, Ricardo. **Marine Pollution: Sources, Fate and Effects of Pollutants in Coastal Ecosystems**. 1. ed. Elsevier, 2018. 408 p.

BOM, F. C.; SÁ, F. Are bivalves a source of microplastics for humans? A case study in the Brazilian markets. **Marine Pollution Bulletin**, v. 181, 113823, 2022.

BRÅTE, I. L. N. et al. *Mytilus* spp. as sentinels for monitoring microplastic pollution in Norwegian coastal waters: a qualitative and quantitative study. **Environmental Pollution**, v. 243, p. 383–393, 2018.

BRENNECKE, D. et al. Microplastics as vector for heavy metal contamination from the marine environment. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 178, p. 189–195, 2016.

BROWNE, M. A. et al. Spatial patterns of plastic debris along estuarine shorelines. **Environmental Science and Technology**, v. 44, p. 3404–3409, 2010.

BROWNE, M. A. et al. Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks. **Environmental Science and Technology**, v. 45, p. 9175–9179, 2011.

CARPENTER, E. J.; SMITH JUNIOR, K. L. Plastics on the Sargasso Sea Surface. **Science**, p. 1240-1241. 1972.

CORRÊA, L. S. et al. Microplásticos nas águas do estuário Tramandaí - Armazém, Litoral Norte do Rio Grande do Sul, Brasil e relação com a qualidade da água. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 18, e10, 2021.

COSCARÓN, S. La almeja amarilla (*Mesodesma mactroides*, Deshayes) de la costa de la Provincia de Buenos Aires. **Ministerio de Asuntos Agrarios**, 66 p. 1959.

COSTA, M. B. et al. Quantitative evaluation of microplastics in colonies of *Phragmatopoma caudata* Krøyer in Mörch, 1863 (Polychaeta-Sabellariidae): Analysis in sandcastles and tissues and identification via Raman spectroscopy. **Marine Pollution Bulletin**, v. 165, 112127, 2021.

DA LUZ, J. 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**. Osório, 2018. 49 f. Monografia (Graduação) - Universidade Estadual do Rio Grande do Sul e Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Curso de Ciências Biológicas: Gestão Ambiental Marinha e Costeira, Osório, 2018.

DEFEO, O.; SCARABINO, V. Ecological significance of a possible deposit-feeding strategy in *Mesodesma mactroides* Deshayes, 1854 (Mollusca: Pelecypoda). **Atlântica, Rio Grande**. v. 12. p. 55–65. 1990.

DÉTRÉE, C.; GALLARDO-ESCÁRATE, C. Single and repetitive microplastics exposures induce immune system modulation and homeostasis alteration in the edible mussel *Mytilus galloprovincialis*. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 83, p. 52–60, 2018.

DI, M.; WANG, J. Microplastics in surface waters and sediments of the three Gorges Reservoir, China. **Science Total Environmental**. p. 1620–1627, 2018.

DING, J. et al. Separation and Identification of Microplastics in Digestive System of Bivalves. **Chinese Journal of Analytical Chemistry**, v. 46, p. 690-697, 2018.

DODSON, G.Z. et al. Microplastic fragment and fiber contamination of beach sediments from selected sites in Virginia and North Carolina, USA. **Marine Pollution Bulletin**, v. 151, 110869, 2020.

ERIKSEN M. et al. Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea. **PLoS ONE**, v. 9, e111913, 2014.

EO, S. et al. Abundance, composition, and distribution of microplastics larger than 20 μm in sand beaches of South Korea. **Environmental Pollution**, v. 238, p. 894–902, 2018.

FARRELL, P.; NELSON, K. Trophic level transfer of microplastic: *Mytilus edulis* (L.) to *Carcinus maenas* (L.). **Environmental Pollution**, v. 177, p. 1-3, 2013.

FIORI, S. M.; CAZZANIGA N. J. Mass mortality of the yellow clam, *Mesodesma mactroides* (Bivalvia: Mactracea) in Monte Hermoso beach, Argentina. **Biology Conservation** v. 89. p. 305–309, 1999.

FIORI, S. M.; DEFEO, O. Biogeographic patterns in life history traits of the yellow clam, *Mesodesma mactroides*, in sandy beaches of South America. **Journal of Coastal Research**, v. 22, p. 872–880, 2006.

FIORI, S.; MORSAN, E. Age and individual growth of (Bivalvia) in the southernmost range of its distribution. **Journal of Marine Science**, v. 61, p. 1253–1259, 2004.

GESAMP. **Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment**, GESAMP, 2015, v. 90, 96 p.

GOVE, J. M. et al. Prey-size plastic are invading larval fish nurseries. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**. v. 116, p. 24143-24149, 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censos Demográficos de 2010.

IVAR DO SUL, J.A.; COSTA, M.F. The present and future of microplastic pollution in the marine environment. **Environmental Pollution**, v. 185, p. 352–364, 2014.

IVAR DO SUL, J.A. et al. Here, there and very where. Small plastic fragments and pellets on beaches of Fernando de Noronha (Equatorial Western Atlantic). **Marine Pollution Bulletin**, v. 58, p. 1236–1238, 2009.

JAMBECK, J. R. et al. Marine pollution. Plastic waste inputs from land into the ocean. **Science**, v. 347, p. 768–771, 2015.

KOONGOLLA, J. B. et al. Occurrence of microplastics in gastrointestinal tracts and gills of fish from Beibu Gulf, South China Sea. **Environmental Pollution**, v. 258, 113734, 2020.

LAVERS, J. L.; BOND, A. L. Exceptional and rapid accumulation of anthropogenic debris on one of the world's most remote and pristine islands. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 114, p. 6052–6055, 2017.

LI, J. et al. Microplastics in commercial bivalves from China. **Environmental Pollution**, v. 207, p. 190-195, 2015.

LI, J. et al. Microplastics in mussels sampled from coastal waters and supermarkets in the United Kingdom. **Environmental Pollution**, v. 241, p. 35–44, 2018.

LI, C. et al. “Microplastic communities” in different environments: Differences, links, and role of diversity index in source analysis. **Water Research**, v. 188, 116574l, 2021.

LIU, Z. et al. Metabolomic and transcriptomic profiling reveals the alteration of energy metabolism in oyster larvae during initial shell formation and under experimental ocean acidification. **Scientific Reports**, v. 10, 6111, 2020.

LINNAEUS, Carolus. *Systema naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis*. 10 ed. Holmiae [= Stockholm]: L. Salvii, 1758.

MAHER, W. et al. Ecological factors affecting the accumulation and speciation of arsenic in twelve Australian coastal bivalve molluscs. **Environmental Chemistry**, v. 15, p. 46-57, 2018.

MASELLO, A.; DEFEO, O. Determinación de la longitud de primera madurez sexual en *Mesodesma mactroides* (Deshayes, 1854). **Sociedad Malacologica del Uruguay**, v. 6, p. 387-392, 1986.

MCLACHLAN, A. Fisheries. In: MCLACHLAN, A.; DEFEO, O. **The Ecology of Sandy Shores**, ed. 3, p. 331 - 374, 2018.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Plano de Combate ao Lixo no Mar**. Brasília: MMA, 2019.

NUÑEZ, J. D. et al. Burrowing behavior of an infaunal clam species after siphon nipping. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. v. 459. p. 45–50. 2014.

PATTERSON, J. et al. Profiling microplastics in the Indian edible oyster, *Magallana bilineata* collected from the Tuticorin coast, Gulf of Mannar, Southeastern India. **Science of The Total Environment**, v. 691, p. 727-735, 2019.

PENCHASZADEH, P. E.; OLIVIER, S. R. Ecología de una población de "berberecho" (*Donax hanleyanus*) en Villa Gesell, Argentina. **Malacologia**, v. 15, p. 133–146. 1975.

PLASTICS EUROPE. **Plastics - The Facts 2020: an Analysis of European Plastics Production, Demand and Waste Data**. Brussels, 2020, 64 p.

POSSATTO, F. et al. Plastic debris ingestion by marine catfish: An unexpected fisheries impact. **Marine pollution bulletin**, v. 62, p. 1098–1102, 2011.

QI, H. et al. Microplastics occurrence and spatial distribution in seawater and sediment of Haikou Bay Sea. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 239, 106757, 2020.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2022.

REEVE, L. A. Monograph of the genus *Mesodesma*. In: **Conchologia Iconica, or, Illustrations of the Shells of Molluscous Animals**. L. Reeve & Co., London, v. 8, 1854.

SETÄLÄ, O.; FLEMING, V.; LEHTINIEMI, M. Ingestion and transfer of microplastics in the planktonic food web. **Environmental Pollution**, v. 185, p. 77–83, 2013.

SCHNEIDER, I. **Análise quali-quantitativa de microplásticos no sedimento arenoso de praias no Litoral Norte do Rio Grande do Sul**. Imbé, 2018. 45 f. Monografia (Graduação) - Universidade Estadual do Rio Grande do Sul e Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Curso de Ciências Biológicas: Gestão Ambiental Marinha e Costeira, Imbé, 2018.

SYLVERTER, F. et al. Filtration rates of the invasive pest bivalve *Limnoperna fortunei* as a function of size and temperature. **Hydrobiologia**, v. 534, p. 71–80, 2005.

TEUTEN, E. et al. Transport and release of chemicals from plastic to the environment and to wildlife. **Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences**, v. 364, p. 2027–2045, 2009.

TOMAZELLI, L.J.; VILLWOCK, J.A. Considerações sobre o ambiente praias e a deriva litorânea de sedimentos ao longo do Litoral Norte do Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas em Geociências**, v. 19, p. 3-12, 1992.

TOMAZELLI, L. J.; VILLWOCK, J. A. O Cenozóico do Rio Grande do Sul: geologia da planície costeira. In: HOLZ, M.; DE ROS, L. F. (eds.). **Geologia do Rio Grande do Sul**. Edições CIGO/UFRGS, Porto Alegre, p. 375-406, 2000.

THOMPSON, R.C. et al. Our plastic age. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, p. 1973–1976, 2009.

TRUCHET, D. M. et al. Microplastics in bivalves, water and sediments from a touristic sandy beach of Argentina. **Marine Pollution Bulletin**, v. 173, 113023, 2021.

UNEP. **Valuing Plastic: The Business Case for Measuring, Managing and Disclosing Plastic Use in the Consumer Goods Industry**. United Nations Environment Programme (UNEP), 2014. 116 p.

UNEP; NOAA. **The Honolulu Strategy: A Global Framework for Prevention and Management of Marine Debris**. Honolulu, Hawaii, 2011. 56 p.

WU, Y. et al. How does bivalve size influence microplastics accumulation? **Environmental Research**, v. 214, 113847, 2022.

ZHANG, F. et al. Direct and indirect effects of microplastics on bivalves, with a focus on edible species: A mini-review. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, v. 50, p. 2109-2143, 2019.