

Caracterização dos impactos de microplásticos sobre a biota marinha através de uma revisão bibliográfica geral

Lucas Cayo Cavalcanti Gonçalves^{1 2}

Leonardo Neves Guimarães^{1 3}

Miguel Araújo Mello^{1 3}

Nadine Caetano^{1 3}

Raquel Suzano^{1 3}

Thayná Martins¹

Bruno Meurer^{1 3}

¹Universidade Santa Úrsula. Rua Fernando Ferrari, 75- Botafogo. Rio de Janeiro CEP 22231-040

²Laboratório de Comportamento Animal e Conservação – Universidade Santa Úrsula.

³Laboratório de Ecologia Marinha – Universidade Santa Úrsula.

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo fazer uma revisão bibliográfica sobre o impacto do microplástico sobre a biota marinha. Foi realizado o levantamento de dados por meio de pesquisas de artigos científicos em português e inglês pelo Google Acadêmico e as referências bibliográficas foram escolhidas de acordo com a sua relevância dentro do tema, independente de ano de publicação, na intenção de juntar a maior quantidade de material possível para discussão. Na relação entre microplástico e organismos marinhos, 50 artigos se destacaram, onde 48% das pesquisas foram realizadas *in situ*, enquanto 52% estudadas *ex situ* (laboratório). O presente estudo mostrou que a maior parte dos artigos sugeriram que o microplástico gerou impactos, principalmente, sobre peixes e crustáceos.

Palavras-chave: revisão bibliográfica, microplástico, impacto ambiental, biota marinha

ABSTRACT

The aim of the present paper was to conduct a literature review of the impact of the microplastic on the marine biota. Data sampling was carried out through research of scientific articles in Portuguese and English on Google Scholar and literature was selected according to its relevance within the theme, regardless the year of publication, so that the largest amount of information could be assessed. We found a total of 50 papers that was related to microplastic and marine biota, of which 48% of the research were carried out *in situ*, while 52% were conducted *ex situ* (laboratory). The present analyses showed that most of the articles suggested that the microplastic causes impact on marine fauna, mainly on fish and crustaceans.

Keywords: Bibliographic review, microplastic, environmental impact, marine biota

INTRODUÇÃO

Há anos o lixo nos mares tem sido um problema visado e discutido no mundo todo, podendo ser encontrado por todo o oceano, incluindo em lugares que não são próximos a centros urbanos (Cheshire et al., 2009). Esse problema foi notado e apontado nos anos 70 apesar de só ter realmente ganhado força nos anos 90, quando se tornou impossível ignorar a grande quantidade de detritos e lixo presentes nos oceanos e como isso poderia trazer impactos negativos sobre esse ecossistema (Galgani et al., 1995; Coe e Rogers, 1997; Barnes et al., 2009).

O descarte inadequado de microplásticos (MPs) está resultando em problemas sociais e ambientais a nível mundial. Sua interação com ecossistemas está sendo estudada, assim como seus efeitos sobre a biota marinha. Os MPs são comumente definidos como partículas plásticas com tamanhos abaixo de 5 mm (Hidalgo-Ruz et al., 2012).

Os MPs são classificados entre primários ou secundários, dependendo da maneira em que são produzidos. MPs primários são pequenas partículas de plástico liberadas diretamente no ambiente, via efluentes domésticos e industriais, derramamentos e descargas de esgotos ou indiretamente através do escoamento superficial. A faixa de partículas MP primárias incluem fragmentos (Rummel et al., 2016), fibras (Rummel et al., 2016), pelotas (Nobre et al., 2015), filmes (Lusher et al., 2015) e esferas (Li et al., 2016). Esferas são constantemente associadas à indústria fármacos e de cosméticos (Zitko e Hanlon, 1991). MPs secundários são formados como resultado da degradação/fragmentação gradual de partículas plásticas já presentes no ambiente devido à foto-oxidação gerada pela radiação U.V., pela transformação mecânica resultante da abrasão das ondas e pela degradação biológica causada por microrganismos (Browne et al., 2007).

O plástico surgiu no século XVII e rapidamente se tornou parte de quase tudo que utilizamos no dia a dia, como computadores, celulares, embalagens, calçados, automóveis, dentre outros. Por ser versátil, baixo custo, maleável e durável, contribuiu para o desenvolvimento social, econômico e científico (Hosler et al., 1999). Por outro lado, é preocupante os danos que este ocasiona no meio ambiente marinho, onde animais acabam morrendo afogados, estrangulados ou mutilados pelo plástico deixado no mar, ou até mesmo morrendo de desnutrição após ter o trato digestivo obstruído pela ingestão acidental de partículas plásticas (Mason et al., 2018). Calcula-se que até 2015, a humanidade produziu 8,3 bilhões de toneladas de plástico, onde cerca de 6,3 bilhões já foram descartadas e quase 8 milhões de toneladas de plástico chegam aos nossos oceanos todos os anos (ONU, 2017).

Os MPs acabam se fragmentando com o uso e são espalhados através da lixiviação por toda a hidrosfera. Além de representarem uma ameaça por si só, já se sabe que possuem potencial para se agregar a outros contaminantes ambientais, agravando ainda mais a situação (Nel e Froneman, 2015; Vethaak e Leslie, 2016).

Pesquisadores já conseguiram identificar a presença destas partículas em mel, cervejas, água de torneira, sal, moluscos, em peixes, no ar, e, recentemente, foi constatado pela primeira vez a presença em fezes humanas (Liebezeit e Liebezeit, 2014; Mason et al., 2018; Karami, et al., 2017).

Mesmo em suas formas diminutas, esses pequenos pedaços de plástico, podem vir a causar danos e impactos negativos significativos nos organismos presentes no ambiente marinho e, conseqüentemente em todo o seu ecossistema. Tendo isso em vista, o presente estudo tem como objetivo realizar uma revisão bibliográfica para verificar os principais impactos sobre os organismos marinhos publicados.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi feito através de levantamento de dados por meio de pesquisas de artigos científicos em português e inglês pelo Google Acadêmico e as referências bibliográficas foram escolhidas de acordo com a sua relevância dentro do tema independente de ano de publicação na intenção de juntar a maior quantidade de material possível para discussão. O levantamento também foi feito a partir das referências bibliográfica de outros artigos utilizados para o enriquecimento e maior aprofundamento e especificidade do presente trabalho. Também estão incluídos sites de informação de cunho nacional e internacional e documentos de eventos e emendas feitas a respeito do tema abordado neste artigo, igualmente sem levar em conta seus anos de publicação na intenção de conseguir mais dados e material e observar há quanto tempo esses temas têm sido discutidos.

Pesquisas no Google geral também foram feitas para levantar a quantidade de material encontrado quando utilizadas as palavras chaves na pesquisa e analisar seu grau de importância, e o quanto é discutido dentro da internet em geral. As palavras-chave utilizadas para as pesquisas em todas as plataformas escolhidas foram “microplástico”, “microplastic”,

“microplástico nos oceanos”, “microplastic on the ocean”, “microplástico no ambiente marinho”, “microplastic in the marine environment”, “impactos do microplástico” e “microplastic impacts”. A maior parte dos artigos escolhidos foram em inglês e a filtragem de informação foi feita em cima de seu nível de relevância dentro da execução e catalogação desses impactos.

Como critério de seleção foi realizada a leitura dos artigos para a identificação de campos relevantes ou estudos laboratoriais reportando a ingestão de MP ou os efeitos ecotoxicológicos nos animais marinhos. Os artigos escolhidos para uma análise mais profunda foram separados em cinco grupos: (I) tipos de MP usados ou reportados; (II) formato do MP usado ou reportado; (III) tamanho do MP; (IV) grupo de organismos estudados; (V) tipo de efeito ecotoxicológico observado.

Foi utilizada uma lista de tipos de plásticos encontrada na literatura: polietileno (PE), poliestireno (PS), polipropileno (PP), poliéster (PES), policloreto de vinila (PVC), poliamida (PA), polímeros acrílicos (AC), poliéter (PT), celofane (CP), poliuretano (PU), não especificado (NS). A família de plásticos PE e PES incluem os dois tipos de densidade, tanto alta como baixa. Essa lista de tipos de plásticos incluem os principais grupos de MPs reportados na Plastics Europe (2017).

Os artigos que especificaram o formato dos MPs foram classificados de acordo com os seguintes critérios: esferas, fibras, fragmentos, filmes e “pellets”. Quanto ao tamanho, os MPs foram agrupados da seguinte forma: <50 µm; 50–100 µm; 100–200 µm; 200–400 µm; 400–800 µm; 800–1600 µm; >1600 µm; ou não especificado (NE).

Os grupos de organismos estudados foram: peixes, mamíferos marinhos, grandes crustáceos, pequenos crustáceos, moluscos, anelídeos, equinodermos, cnidários e poríferos. “Pequenos crustáceos” incluem zooplâncton, enquanto “grandes crustáceos” são todos os outros organismos do táxon Crustacea.

RESULTADOS

Para cada pesquisa feita foi oferecido um número diferente de resultados, principalmente entre as ferramentas de pesquisa do Google e do Google Acadêmico. Foram encontradas 10.189.100 resultados no total na ferramenta do Google sendo 1.660.000 resultados para “microplastic”, 4.420.000 resultados para “microplastic in the ocean”, 2.710.000 para “microplastic in the marine environment”, 4.920.000 para “microplastics”, 1.070.000 resultados para “microplástico”, 287.000 para “microplástico nos oceanos”, 1.370.000 para “microplásticos” e 42.100 resultados para “microplásticos no ambiente marinho”.

Já para o Google Acadêmico foram encontrados 89.798 resultados no total sendo 23.500 resultados para “microplastic”, 14.600 resultados para “microplastic in the ocean”, 17.600 para “microplastic in the marine environment”, 30.600 para “microplastics”, 1.400 para “microplástico”, 322 para “microplástico nos oceanos”, 256 para “microplásticos no ambiente marinho” e 1.500 resultados para “microplásticos” (Tabela 1).

Na relação entre microplástico e organismos marinhos, 50 artigos se destacaram, onde 48% das pesquisas foram realizadas *in situ*, enquanto 52% estudadas *ex situ* (laboratório) (Figura 1).

Tabela 1- Número de resultados encontrados utilizando as palavras chave em cada ferramenta de pesquisa e número de artigos que foram utilizados neste trabalho.

Palavras-chave	Google	Google Acadêmico	Referenciados
Microplástico	1.070.000	1.420	20
Microplásticos	1.370.000	1.500	20
Microplástico nos oceanos	287.000	322	15
Microplásticos no ambiente marinho	42.100	256	15
Microplastic	1.660.000	23.500	30
Microplastics	4.920.000	30.600	30
Microplastic in the ocean	4.420.000	14.600	20
Microplastic in the marine environment	2.710.000	17.600	2

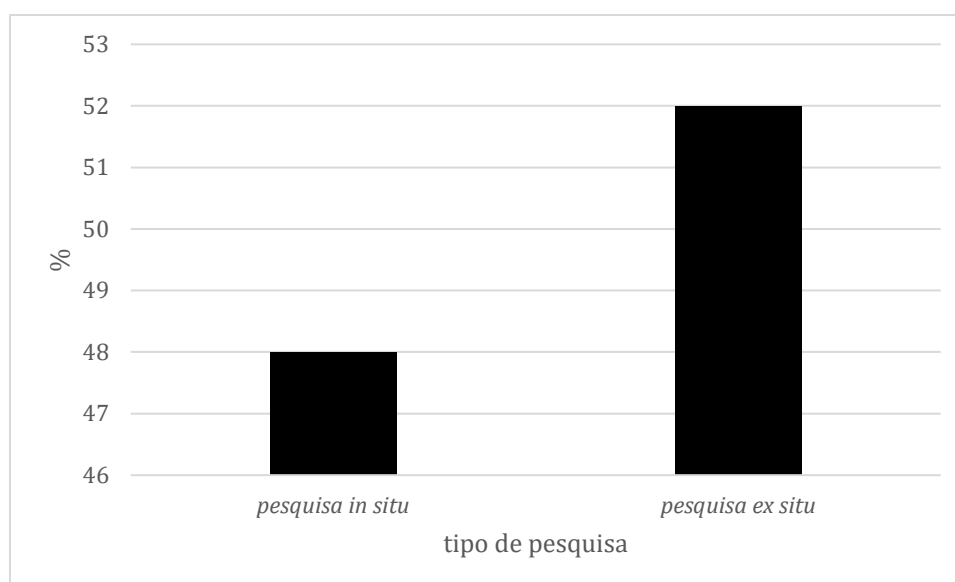


Figura 1- Percentual de pesquisas realizadas em campo e em laboratório sobre o impacto de microplástico sobre organismos marinhos.

Os tipos de microplástico mais reportados nos estudos em campo e em laboratório incluem polietileno (23%), poliestireno (22%), polipropileno (12%) e poliéster (9%) (Figura 2).

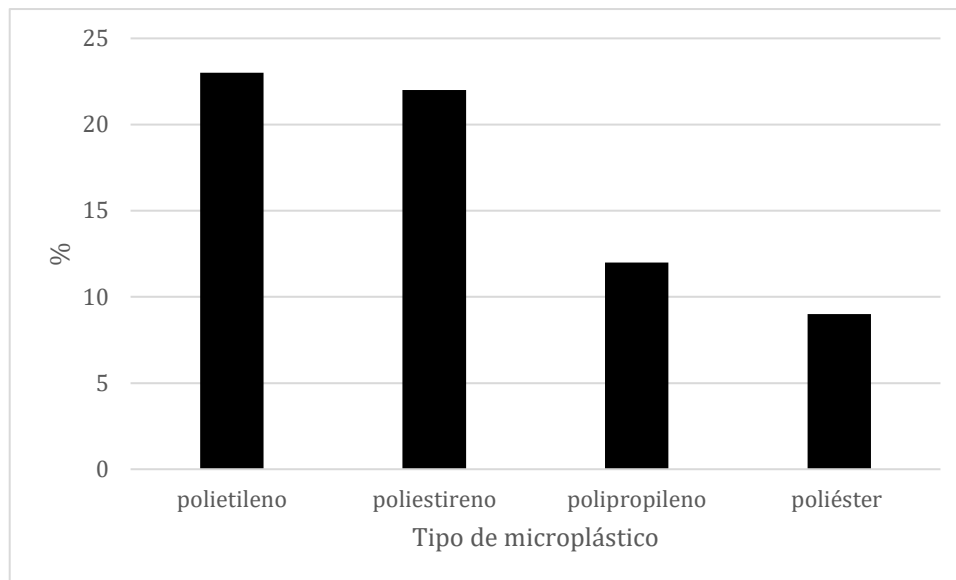


Figura 2- Percentual de citação dos tipos de microplástico registrados em campo e laboratório.

O formato dos MPs reportados em organismos coletados durante pesquisas em campo são variados. Fibras e fragmentos foram reportados em 23% e 21% dos estudos, respectivamente, seguido por esferas (11%), filme (8%) e pellets (4%). Porém, nos estudos em laboratório, MPs esféricos foram o formato mais comumente usado (17%), seguido por fibras, fragmentos e partículas não especificadas (3%) (Figura 3).

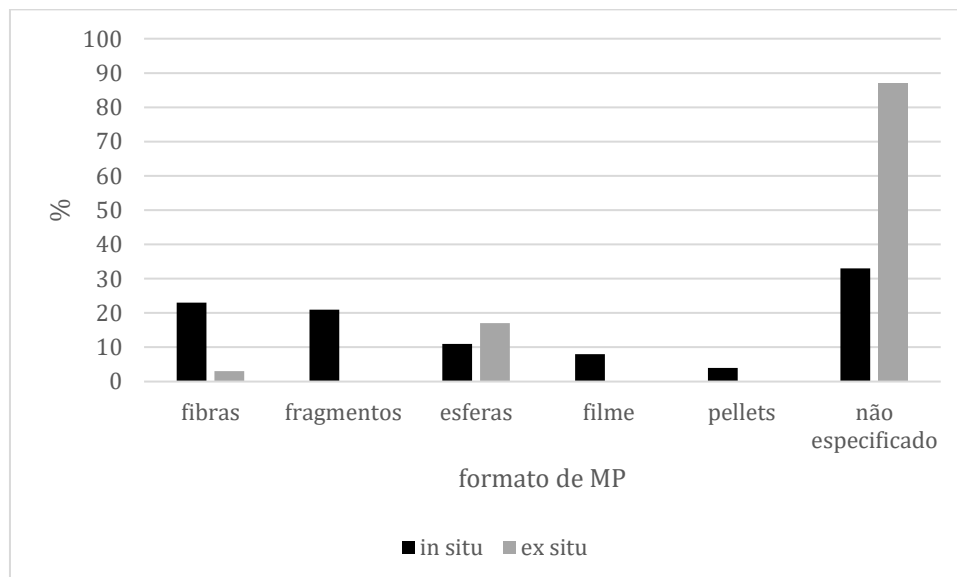


Figura 3- Percentual do formato dos MPs reportados em organismos coletados durante pesquisas *In situ* e *Ex situ*.

Dos 50 artigos selecionados sobre o impacto do microplástico sobre a biota, os peixes foi o grupo de organismos mais estudado (44%), seguido pelos crustáceos (21%), moluscos (14%) e anelídeos (6%) (Figura 4).

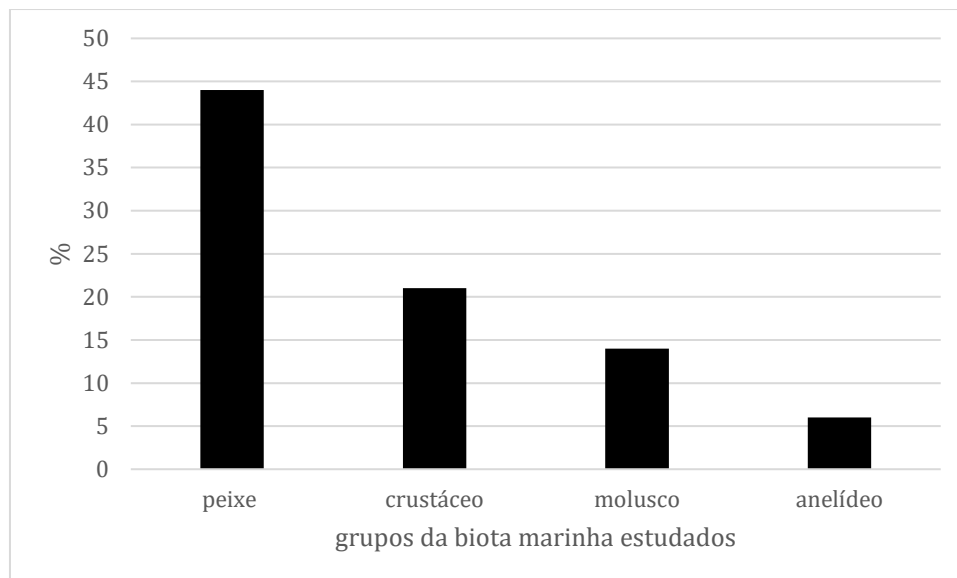


Figura 4- Percentual dos grupos da biota marinha estudados sob o impacto do microplástico.

Apesar da maioria dos estudos destacarem os impactos sobre os peixes, os estudos realizados em campo priorizaram peixes (23% de todos os estudos), enquanto os realizados em laboratório priorizaram os crustáceos (17% de todos os estudos), especificamente os pequenos. Cole et al (2013) expuseram diferentes espécies de zooplâncton a ambientes com presença de microplástico e sem a presença deste material, com isso pode-se verificar que a maioria das espécies do zooplâncton expostos a poliestireno (7,3–30,6 μm) demonstraram capacidade de ingeri-los. Os copépodos examinados, *Centropages typicus* e *Temora longicornis*, por exemplo, foram capazes de consumir esferas de poliestireno de 7,3, 20,6 e 30,6 μm , enquanto outros copépodes mostraram seletividade na escolha do microplástico baseado em tamanho. Estudos sobre seletividade podem ser importantes para projetos de mitigação nos processos causadores de impacto na biota marinha.

DISCUSSÃO

Foram obtidas aproximadamente 1000 referências na pesquisa bibliográfica realizada no Google Acadêmico, das quais apenas 50 destacavam de forma direta os impactos do microplástico sobre a biota marinha.

Foram encontrados diversos tipos de impactos diferentes relacionados a diferentes partículas desde fibra a grânulos plásticos com impactos referentes aos oceanos, rios e uma quantidade um pouco menor de informação sobre o ambiente terrestre. Os impactos mais relevantes foram os referentes à ingestão que apresentam consequências de saúde para toda a teia alimentar. Foi percebida, também, uma grande relevância na liberação de poluentes químicos tóxicos no mar e no meio ambiente no geral que também podem vir a causar problemas de saúde dentro da teia se ingeridos ou entrarem em contato com a parte externa de seres vivos.

O formato dos MPs reportados em organismos coletados durante pesquisas em campo são variados. Fibras e fragmentos foram reportados em 23% e 21% dos estudos, respectivamente,

Conhecer o tipo do microplástico é importante, pois cada um possui características distintas capazes de influenciar seu comportamento no ambiente, potencial de absorção de contaminantes e seus efeitos à saúde dos organismos. (Straubert et al., 2017; Au et al., 2017). É importante destacar o alto percentual de fibra, quando comparado com os demais formatos. A fibra derivada da lavagem de roupas de tecido sintético é levada para o ambiente marinho

(Naper e Thompson, 2016), provavelmente, sem a grande maioria da população saber o impacto que está causando.

A densidade do MP define a camada d'água em que ele estará mais presente. Mas embora o material do MP influencie na sua densidade (Nizzetto et al., 2016), a densidade desses polímeros pode mudar no ambiente devido a formação de biofilme ou pela floculação. (Rummel et al., 2017)

Polietileno foi o tipo mais comum de MP estudado em peixes, sendo reportado em 12% dos estudos. Sua abundância, somada com suas características e as modificações morfológicas passíveis de serem sofridas, podem tornar sua presença mais recorrente nas múltiplas camadas d'água, facilitando sua ingestão independente das preferências de habitat do organismo.

O estudo de Lusher et al. (2013) exemplifica essa questão, dando indícios de que o polietileno está presente na coluna d'água e nos sedimentos. Um terço dos peixes examinados havia ingerido MPs, sendo que os organismos pelágicos e bentônicos possuíam conteúdos intestinais semelhantes. Isto sugere falta de seletividade e/ou presença disseminada do MP em questão.

Animais expostos a MPs podem ingeri-los e os acumular nas brânquias (Watts et al., 2014) e trato intestinal (De Sá et al., 2015). A ingestão pode ocorrer devido à incapacidade de distinguir o MP de sua presa (De Sá et al., 2015) ou através da ingestão de organismos de menor nível trófico contendo essas partículas (Do Sul e Costa, 2014). Além disso, o MP pode aderir diretamente aos organismos (Cole et al., 2013).

Muitos crustáceos e os moluscos são organismos filtradores, e, portanto, estão mais passíveis de bioacumular os MPs (Davidson, 2012; Wright et al., 2013; Gambardella, et al., 2017; Naji et al., 2018; Abidli et al., 2019; Zhang et al., 2019; Sfriso et al., 2020). Considerando que estes indivíduos estão presentes na culinária de diversas culturas, representam uma fonte potencial de contaminação ambiental por MPs aos humanos que os consomem.

O zooplâncton assume o papel tanto como consumidor na cadeia alimentar quanto na forma de alimento para demais seres vivos, demonstrando diferentes hábitos de alimentação, que variam de acordo com o estágio de vida e a disponibilidade de presas. Os mesmos podem usar uma combinação de quimio e mecano-receptores para selecionar suas presas, contudo se alimentam preferencialmente de determinadas espécies de alga. Com a abundância de microplástico nos oceanos, alguns detritos de plástico são confundidos com alimento e acabam sendo ingeridos (Cole et al., 2013).

No geral, os efeitos documentados dos MPs nos organismos aquáticos incluem redução da alimentação (De Sá et al., 2015), estresse oxidativo (Della Torre et al., 2014), genotoxicidade (Della Torre et al., 2014), neurotoxicidade (Oliveira et al., 2012), retardamento do crescimento (Della Torre et al., 2014;), redução da capacidade reprodutiva (Cole et al., 2015) e até mesmo morte (Cole et al., 2015).

O conhecimento da origem dos resíduos de microplástico e seus efeitos na biota marinha são fundamentais para projetos de mitigação e prevenção de diminuição da diversidade sobre a biota marinha, decorrente do impacto do microplástico. Mais estudos precisam ser realizados em campo e em laboratório a partir da rota na teia alimentar, além de estudos sobre os produtos causadores da liberação do microplástico e de estudos para produção de material biodegradável não impactante para os ecossistemas aquáticos.

CONCLUSÃO

As pesquisas feitas no presente trabalho mostram que o microplástico vem sendo muito estudado, porém esta área necessita de estudos mais aprofundados sobre o impacto do microplástico em longo prazo no organismo dos seres vivos e no meio ambiente como um todo para o melhor entendimento desses impactos no mundo e na biota. Apesar das atuais

descobertas, os estudos feitos estão concentrados em certos grupos de indivíduos ou em certos tipos de MP, sendo preciso diversificar mais para entender a verdadeira amplitude do problema.

Apesar da grande quantidade de informação que temos referente a ingestão desses resíduos, visto que esses poluentes estão presentes em praticamente todo o lugar, ainda faltam ser descobertas muitas informações sobre os perigos que os impactos causados pelos microplásticos podem representar para o ambiente, para biota marinha e para a humanidade.

Além disso, é imprescindível que os estudos laboratoriais que se propõe a retratar ou desmistificar o funcionamento de uma relação no meio, utilizem parâmetros similares aos encontrados no ambiente, visando assim obter respostas concretas e condizentes com a realidade da situação atual.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abidli S, Lahbib Y, Trigui EL, Menif N. Microplastics in commercial molluscs from the lagoon of Bizerte (Northern Tunisia). *Mar Pollut Bull* 2019; 142: 243–252.
- Au SY, Lee CM, Weinstein JE, van den Hurk P, Klaine SJ. Trophic transfer of microplastics in aquatic ecosystems: Identifying critical research needs. *Integr Environ Asses* 2017; 13(3): 505–509.
- Barnes DKA, Galgani F, Thompson RC, Barlaz M. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philos T Royal Soc B* 2009; 364(1526): 1985–1998.
- Betts K. Why small plastic particles may pose a big problem in the oceans. *Environ Sci Technol* 2008; 42(24): 8995–8995.
- Browne MA, Galloway T, Thompson, R. Microplastic-an emerging contaminant of potential concern? *Integr Environ Asses* 2007; 3(4): 559–561.
- Cheshire A, Adler E, Barbière J, Cohen Y, Evans S, Jarayabhand S, Jestic L. et al.. UNEP/IOC Guidelines on Survey and Monitoring of Marine Litter. Nairobi, 2009.
- Coe JM, Rogers DB. *Marine Debris: Sources, Impacts, and Solutions*. Inglaterra: Springer Series on Environmental Management. 1997.
- Cole M, Lindeque P, Fileman E, Halsband C, Goodhead R, Moger J, Galloway TS. Microplastic Ingestion by Zooplankton. *Environ Sci Technol* 2013; 47(12): 6646–6655.
- Cole M, Lindeque P, Fileman E, Halsband C, Galloway TS. The Impact of Polystyrene Microplastics on Feeding, Function and Fecundity in the Marine Copepod *Calanus helgolandicus*. *Environ Sci Technol* 2015; 49(2): 1130–1137.
- Davidson TM. Boring crustaceans damage polystyrene floats under docks polluting marine waters with microplastic. *Mar Pollut Bull* 2012; 64(9): 1821–1828.
- Della Torre C, Bergami E, Salvati A, Faleri C, Cirino P, Dawson KA, Corsi I. Accumulation and Embryotoxicity of Polystyrene Nanoparticles at Early Stage of Development of Sea Urchin Embryos *Paracentrotus lividus*. *Environ Sci Technol* 2014; 48(20): 12302–12311.
- De Sá LC, Oliveira M, Ribeiro F, Rocha TL, Futter MN. Studies of the effects of microplastics on aquatic organisms: What do we know and where should we focus our efforts in the future? *Sci Total Environ* 2018; 645: 1029–1039.
- De Sá LC, Luís LG, Guilhermino L. Effects of microplastics on juveniles of the common goby (*Pomatoschistus microps*): Confusion with prey, reduction of the predatory performance and efficiency, and possible influence of developmental conditions. *Environ Pollut* 2015; 196: 359–362.
- Galgani F, Jaunet S, Campillo A, Guenegen, X, His E. Distribution and abundance of debris on the continental shelf of the north-western Mediterranean Sea. *Mar Pollut Bull* 1995; 30(11): 713–717.
- Herzke D, Anker-Nilssen T, Nøst TH, Götsch A, Christensen-Dalsgaard S, Langset M, Fangel K, Koelmans AA. Negligible Impact of Ingested Microplastics on Tissue Concentrations of

- Persistent Organic Pollutants in Northern Fulmars off Coastal Norway. *Environ Sci Technol* 2016; 50(4): 1924–1933.
- Hidalgo-Ruz V., Gutow L, Thompson RC, Thiel M. Microplastics in the Marine Environment: A Review of the Methods Used for Identification and Quantification. *Environ Sci Technol* 2012; 46(6): 3060–3075.
- Hosler D, Burkett SL, Tarkanian MJ. Prehistoric Polymers: Rubber Processing in Ancient Mesoamerica. *Science*, 1999; 284 (5422): 1988-1991.
- Hurley R, Woodward J, Rothwell JJ. Microplastic contamination of river beds significantly reduced by catchment-wide flooding. *Nat Geosci* 2018; 11(4): 251–257.
- Ivar do Sul JA, Costa MF. The present and future of microplastic pollution in the marine environment. *Environ Pollut* 2014; 185: 352–364.
- Karami A, Golieskardi A, Keong Choo C, Larat V, Galloway TS, Salamatinia B. The presence of microplastics in commercial salts from different countries. *Sci Rep* 2017; 7(1): 46173.
- Li J, Qu X, Su L, Zhang W, Yang D, Kolandhasamy P, Li D, Shi H. Microplastics in mussels along the coastal waters of China. *Environ Pollut* 2016; 214: 177–184.
- Liebezeit G, Liebezeit E. Synthetic particles as contaminants in German beers. *Food Addit Contam A* 2014; 31(9): 1574–1578.
- Luís LG, Ferreira P, Fonte E, Oliveira M, Guilhermino L. Does the presence of microplastics influence the acute toxicity of chromium (VI) to early juveniles of the common goby (*Pomatoschistus microps*)? A study with juveniles from two wild estuarine populations. *Aquat Toxicol* 2015; 164: 163–174.
- Lusher AL, McHugh M, Thompson RC. Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel. *Mar Pollut Bull* 2013; 67(1-2): 94–99.
- Lusher AL, Tirelli V, O'Connor I, Officer R. Microplastics in Arctic polar waters: the first reported values of particles in surface and sub-surface samples. *Sci Rep* 2015; 5: 14947.
- Mason SA, Welch VG, Neratko J. Synthetic Polymer Contamination in Bottled Water. *Front Chem* 2018; 6: 407.
- Naji A, Nuri M, Vethaak AD. Microplastics contamination in molluscs from the northern part of the Persian Gulf. *Environ Pollut*, 2018; 235: 113–120.
- Napper IE, Thompson RC. Release of synthetic microplastic plastic fibres from domestic washing machines: Effects of fabric type and washing conditions. *Mar Pollut Bull* 2016; 112: 39–45.
- Nel HA, Froneman PW. A quantitative analysis of microplastic pollution along the south-eastern coastline of South Africa. *Mar Pollut Bull* 2015; 101(1): 274–279.
- Nizzetto L, Bussi G, Futter MN, Butterfield D, Whitehead PG. A theoretical assessment of microplastic transport in river catchments and their retention by soils and river sediments. *Environ Sci Process Impacts* 2016; 18(8): 1050–1059.
- Nobre CR, Santana MFM, Maluf A, Cortez FS, Cesar A, Pereira CDS, Turra A. Assessment of microplastic toxicity to embryonic development of the sea urchin *Lytechinus variegatus* (Echinodermata: Echinoidea). *Mar Pollut Bull* 2016; 92(1-2): 99–104.
- Poulet SA, Marsot P. Chemosensory grazing by marine calanoid copepods (Arthropoda: Crustacea). S.A. Poulet, P. Marsot. *Science* 1978; 200: 1403-1405.
- Rummel CD, Jahnke A, Gorokhova E, Kühnel D, Schmitt-Jansen M. Impacts of Biofilm Formation on the Fate and Potential Effects of Microplastic in the Aquatic Environment. *Environ Sci Technol* 2017; 4(7): 258–267.
- Rummel CD, Löder MGJ, Fricke NF, Lang T, Griebeler EM, Janke M, Gerdts G. Plastic ingestion by pelagic and demersal fish from the North Sea and Baltic Sea. *Mar Pollut Bull* 2016; 102(1): 134–141.

Sfriso AA, Tomio Y, Rosso B, Gambaro A, Sfriso A, Corami F, Rastelli E, Corinaldesi C, Mistri M, Munari C. Microplastic accumulation in benthic invertebrates in Terra Nova Bay (Ross Sea, Antarctica). *Environ Int* 2020; 137: 105587.

Straub S, Hirsch PE, Burkhardt-Holm P. Biodegradable and Petroleum-Based Microplastics Do Not Differ in Their Ingestion and Excretion but in Their Biological Effects in a Freshwater Invertebrate *Gammarus fossarum*. *Int J Env Res Pub He* 2017; 14(7): 774.

Wright SL, Thompson RC, Galloway TS. The physical impacts of microplastics on marine organisms: a review. *Environ Pollut* 2013; 178: 483–492.

Vethaak AD, Leslie HA. Plastic Debris Is a Human Health Issue. *Environ SciTechnol* 2016; 50(13): 6825–6826.

Zitko V, Hanlon M. Another source of pollution by plastics: Skin cleaners with plastic scrubbers. *Mar Pollut Bull* 1991; 22(1): 41–42.