

UNIVERSIDADE VILA VELHA - ES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DE ECOSISTEMAS

**UTILIZAÇÃO DA MODELAGEM DE TÓPICOS PARA A
AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DA LITERATURA SOBRE
MICROPLÁSTICOS EM AMBIENTES AQUÁTICOS**

JAMINE DILLEM REZENDE

**VILA VELHA
AGOSTO 2021**

UNIVERSIDADE VILA VELHA - ES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DE ECOSISTEMAS

**UTILIZAÇÃO DA MODELAGEM DE TÓPICOS PARA A
AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DA LITERATURA SOBRE
MICROPLÁSTICOS EM AMBIENTES AQUÁTICOS**

Dissertação apresentada à
Universidade Vila Velha, como pré-
requisito do Programa de Pós-
graduação em Ecologia de
Ecossistemas, para a obtenção do
grau de Mestre em Ecologia.

JAMINE DILLEM REZENDE

**VILA VELHA
AGOSTO 2021**

Catálogo na publicação elaborada pela Biblioteca Central / UVV-ES

R467u Rezende, Jamine Dillel.
Utilização da modelagem de tópicos para a avaliação
quantitativa da Literatura sobre microplásticos em ambientes
aquáticos / Jamine Dillel Rezende. - 2021.
46 f. : il.

Orientador: Marcelo da Silva Moretti.
Dissertação (Mestrado em Ecologia de Ecossistemas) -
Universidade Vila Velha, 2021.
Inclui bibliografias.

1. Ecologia Aquática. 2. Ecossistema. 3. Água - Poluição.
I. Moretti, Marcelo da Silva. II. Universidade Vila Velha.
III. Título.

CDD 577

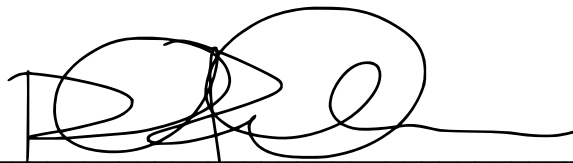
JAMINE DILLEM REZENDE

**UTILIZAÇÃO DA MODELAGEM DE TÓPICOS PARA A
AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DA LITERATURA SOBRE
MICROPLÁSTICOS EM AMBIENTES AQUÁTICOS**

Dissertação apresentada à
Universidade Vila Velha, como pré-
requisito do Programa de Pós-
graduação em Ecologia de
Ecossistemas, para a obtenção do
grau de Mestre em Ecologia.

Aprovada em 31 de agosto de 2021,

Banca Examinadora:



Dra. Paula Caroline dos Reis Oliveira – UVV



Prof. Dr. Wallace Pandolpho Kiffer Jr. – UVV



Prof. Dr. Marcelo da Silva Moretti – UVV
Orientador

Dedico esta dissertação aos meus pais, meus maiores e melhores orientadores na vida.

AGRADECIMENTOS

Quem me conhece sabe que existem duas características bem fortes em mim. Primeiro, sou total “sincera”. Segundo minha memória às vezes não é lá das melhores. Então já digo logo: Vou esquecer de citar muita gente aqui! E digo mais: Graças a Deus! Melhor esquecer de citar alguém aqui do que no meio da dissertação. Enfim, quero começar agradecendo ao meu professor e orientador, Marcelo Moretti. Obrigado pela paciência, por todos os seus esforços e, sobretudo, por acreditar em mim. Nas minhas ideias. Obrigado por confiar na minha capacidade e por me socorrer sempre que eu pensava estar perdida. Aos colegas de laboratório, que compartilharam tanto comigo: Conhecimento, alegrias, frustrações. Aos meus amigos-irmãos, que são tantos (seria muita sacanagem colocar o nome de alguns e não de outros!) e me ajudaram muito. Deixo, também, um agradecimento especial à minha família. Meu pai, Fábio; minha mãe, Lola; e meus irmãos, Fabrícia, Sabrina e Fábio Júnior. Vocês estiveram o tempo todo comigo nesse processo. Seja com palavras de incentivo e apoio, seja com gestos e ações. Cada um do seu jeito. Sei que fizeram de tudo para me ajudar. Essa conquista também é de vocês. E já que estamos falando de família, não poderia deixar de agradecer às minhas duas princesas, Sumé e Caupé, que me deram muito carinho e sempre confortaram meu coração. Para finalizar, quero agradecer aos dois novos integrantes dessa família linda, que só cresce: Marcos, meu parceiro de tudo, e Gaia, a nossa princesa caçula. Obrigada!

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Tópicos descobertos a partir de 1.672 artigos de pesquisa sobre microplásticos em ambientes aquáticos, publicados durante o período de 2009 a 2020 e identificados a partir Alocação de Dirichlet Latente (LDA).	35
Tabela S1	Tópicos descobertos a partir de 1.682 artigos de pesquisa sobre microplásticos em ambientes aquáticos, publicados durante o período 2009 a 2020 e identificados a partir de Alocação de Dirichlet Latente (LDA). Cada tópico exibe as 70 palavras com maior probabilidade de ocorrência. Os tópicos receberam o nome que melhor descrevia a semântica das principais palavras que o compõem.	42

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** Representação bidimensional (via escalonamento multidimensional não métrico, nMDS) das distâncias dos tópicos com base na similaridade de distribuição das palavras. O tamanho dos círculos indica o número de artigos em que um determinado tópico foi dominante. 38
- Figura 2** Mudança na prevalência da literatura ao longo do período de 2009 a 2020 para cada um dos 15 tópicos descobertos. (A) Cada ponto representa a mudança de prevalência média ao longo do período de estudo; as barras representam os erros padrão. (B) Acompanhamento das mudanças temporais na prevalência dos tópicos classificados como quentes, neutros e frios. 39

RESUMO

REZENDE, Jamine Dillel, M. Sc., Universidade Vila Velha – ES, agosto de 2021.

Utilização da Modelagem de Tópicos para a Avaliação Quantitativa da Literatura sobre Microplásticos em Ambientes Aquáticos.

Orientador: Marcelo da Silva Moretti.

Os microplásticos (MPs) são considerados o grande poluente do Antropoceno e, por esse motivo, têm se tornado tema de muitas pesquisas nas últimas décadas. As evidências de seus impactos têm sido encontradas nas mais diversas matrizes ambientais, principalmente nos ambientes aquáticos e na biota. Os atributos que fazem com que os plásticos sejam amplamente produzidos e aceitos socialmente, como sua durabilidade e leveza, também contribuem para sua permanência no ambiente. Diante de sua funcionalidade e baixo custo, estes polímeros são considerados uma ameaça aos ecossistemas e ao bem-estar da população humana. Esta dissertação apresenta um exame retrospectivo da literatura para caracterizar o cenário da pesquisa relacionada a MPs em ecossistemas marinhos e de água doce e explorar as interconexões entre os temas de pesquisa. Após uma mineração de texto automatizada, foi realizada uma modelagem de tópicos para rastrear a evolução dos tópicos de pesquisa em artigos revisados por pares sobre MPs em ambientes aquáticos publicados de 2009 até 2020. As interconexões entre esses tópicos foram exploradas e novas linhas de pesquisa identificadas. A análise da literatura revelou que os estudos sobre MPs são muito recentes. A natureza da popularidade dos tópicos encontrados sugeriu que vários tópicos apresentaram tendência de aumento em sua prevalência ao longo do tempo. No entanto, nenhum tópico apresentou alta popularidade e apenas dois tópicos foram considerados “frios”, i.e., apresentaram queda em sua prevalência. Também foi possível constatar que os estudos sobre MPs estão distribuídos em diferentes áreas do conhecimento, as quais que têm contribuído, concomitantemente e de diferentes formas, para a produção científica sobre este tema. Este tipo de análise da literatura se faz cada vez mais necessário para que o conhecimento gerado possa ser útil na busca de soluções para os problemas ambientais enfrentados pela sociedade atual.

Palavras-chave: microplásticos, Alocação de Dirichlet Latente, ecossistemas aquáticos, revisão da literatura, síntese, mineração de texto.

ABSTRACT

REZENDE, Jamine Dillel, M. Sc., Universidade Vila Velha – ES, agosto de 2021.

Use of Topic Modeling for Quantitative Assessment of the Literature on Microplastics in Aquatic Environments.

Advisor: Marcelo da Silva Moretti.

Microplastics (MPs) are considered the major pollutant of the Anthropocene and, for this reason, have become the subject of much research in recent decades. Evidence of their impacts has been found in the most diverse environmental matrices, especially in aquatic environments and biota. The attributes that make plastics widely produced and socially accepted, such as their durability and lightness, also contribute to their permanence in the environment. Given their functionality and low cost, these polymers are considered a threat to ecosystems and the well-being of the human population. This dissertation presents a retrospective examination of the literature to characterize the research scenario related to MPs in marine and freshwater ecosystems and to explore the interconnections between the research themes. After automated text mining, topic modeling was carried out to track the evolution of research topics in peer-reviewed articles on MPs in aquatic environments published from 2009 to 2020. The interconnections between these topics were explored and new research paths identified. Analysis of the literature revealed that research on MPs is very recent. The nature of the popularity of the topics found suggests that several topics have tended to increase in prevalence over time. However, no topic had high popularity and only two topics were considered “cold”, i.e., they had a drop in prevalence. It was also possible to verify that the studies on MPs are distributed in different areas of knowledge, which have contributed, concomitantly and in different ways, to the scientific production on this theme. This type of literature analysis is increasingly necessary so that the knowledge generated can be useful in the search for solutions to the environmental problems of today's society.

Keywords: microplastics, Latent Dirichlet Allocation, aquatic ecosystems, literature review, synthesis, text mining.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
RESUMO	ix
ABSTRACT	x
1. Resumo	13
2. Introdução	14
3. Métodos.....	19
3.1. Coleta de dados	19
3.2. Análises	20
4. Resultados.....	21
5. Discussão.....	23
6. Conclusão	26
7. Referências	26
Tabela 1:	34
Figura 1:	36
Figura 2:	36
<i>Material Suplementar</i>	39
Tabela S1:	39

1 **Utilização da Modelagem de Tópicos para a Avaliação Quantitativa da**
2 **Literatura sobre Microplásticos em Ambientes Aquáticos**

3 Rezende, J. D.^{1*} & Moretti, M. S.¹

4

5 ¹Laboratório de Ecologia de Insetos Aquáticos (LEIA), Universidade Vila Velha - UVV.
6 Rua Mercúrio, s/n, 29.102-623 – Vila Velha/ Espírito Santo, Brasil.

7 ²Programa de Pós-graduação em Ecologia de Ecossistemas, Universidade Vila Velha -
8 UVV.

9 *Autor correspondente: jadillem@hotmail.com

10

11

12 Manuscrito formatado nas normas do periódico *Hydrobiologia*

13

14 **1. Resumo**

15 Os microplásticos (MPs) são considerados o grande poluente do Antropoceno e, por esse
16 motivo, têm se tornado tema de muitas pesquisas nas últimas décadas. As evidências de
17 seus impactos têm sido encontradas nas mais diversas matrizes ambientais,
18 principalmente nos ambientes aquáticos e na biota. Os atributos que fazem com que os
19 plásticos sejam amplamente produzidos e aceitos socialmente, como sua durabilidade e
20 leveza, também contribuem para sua permanência no ambiente. Diante de sua
21 funcionalidade e baixo custo, estes polímeros são considerados uma ameaça aos
22 ecossistemas e ao bem-estar da população humana. Esta dissertação apresenta um exame
23 retrospectivo da literatura para caracterizar o cenário da pesquisa relacionada a MPs em
24 ecossistemas marinhos e de água doce e explorar as interconexões entre os temas de
25 pesquisa. Após uma mineração de texto automatizada, foi realizada uma modelagem de
26 tópicos para rastrear a evolução dos tópicos de pesquisa em artigos revisados por pares
27 sobre MPs em ambientes aquáticos publicados de 2009 até 2020. As interconexões entre
28 esses tópicos foram exploradas e novos caminhos de investigação identificados. A análise
29 da literatura revelou que as pesquisas sobre MPs são muito recentes. A natureza da
30 popularidade dos tópicos encontrados sugere que vários tópicos apresentaram tendência
31 de aumento em sua prevalência ao longo do tempo. No entanto, nenhum tópico apresentou
32 alta popularidade e apenas dois tópicos foram considerados “frios”, i.e., apresentaram
33 queda em sua prevalência. Também foi possível constatar que os estudos sobre MPs estão
34 distribuídos em diferentes áreas do conhecimento, as quais têm contribuído,
35 concomitantemente e de diferentes formas, para a produção científica sobre este tema.
36 Este tipo de análise de literatura se faz cada vez mais necessário para que o conhecimento
37 gerado possa ser útil na busca de soluções para os problemas ambientais da sociedade
38 atual.

39

40 **Palavras-chave:** microplásticos, Alocação de Dirichlet Latente, ecossistemas aquáticos,
41 revisão da literatura, síntese, mineração de texto.

42

43 2. Introdução

44 Os microplásticos (MPs) são considerados o grande poluente do Antropoceno e,
45 por esse motivo, têm se tornado tema de muitos estudos nas últimas décadas (Cuthbert et
46 al., 2019). As evidências de seus impactos têm sido encontradas nas mais diversas
47 matrizes ambientais, principalmente nos ambientes aquáticos (Horton et al., 2017; Hurley
48 et al., 2017) e na biota (AU et al., 2015). Os MPs são polímeros sintéticos classificados
49 como termoplásticos que apresentam tamanho inferior a 5 mm (Fendall & Sewell, 2009;
50 Hidalgo-ruz et al., 2012). Podem ser classificados de acordo com a sua origem (Olivatto
51 et al., 2018), sendo denominados “primários” quando produzidos em tamanho reduzido,
52 muito utilizados na indústria de cosméticos (Cole et al., 2011), ou “secundários” quando
53 originados da fragmentação de plásticos maiores que, ao serem expostos ao ambiente,
54 sofrem ação biológica, mecânica, foto-oxidativa ou térmica (Barnes et al., 2009; Ma et
55 al., 2016). A ampla utilização dos plásticos se deve à facilidade de modelagem quando
56 são aquecidos, sendo utilizados na produção de embalagens descartáveis e produtos de
57 higiene pessoal, assim como na indústria têxtil (Browne et al., 2011; Cole et al., 2011).
58 Os atributos que fazem com que os plásticos sejam amplamente produzidos e aceitos
59 socialmente, como sua durabilidade e leveza, também contribuem para sua permanência
60 no ambiente. Diante de sua funcionalidade e baixo custo, estes polímeros são
61 considerados uma ameaça aos ecossistemas e ao bem-estar da população humana.

62 Estudos realizados em ambientes marinhos têm demonstrado a ingestão e presença
63 de MPs em espécies pertencentes a diferentes grupos taxonômicos e níveis tróficos, como
64 zooplâncton (Setälä et al., 2014), mexilhões (Browne et al., 2008), crustáceos (Chua et
65 al., 2014), peixes (Lusher et al., 2013), répteis (Duncan et al., 2019), aves (Provencher et
66 al., 2014) e mamíferos (Nelms et al., 2018). Alguns estudos também demonstraram que
67 os MPs podem ser transferidos ao longo das teias tróficas (Cole et al., 2013; Allen et al.,
68 2017; Chae et al., 2018) e ontogenicamente (Cuthbert et al., 2019). Devido ao tamanho
69 reduzido, os MPs são facilmente confundidos com alimento por muitas espécies. Além
70 disso, os MPs possuem a capacidade de adsorver poluentes orgânicos e metais pesados
71 (Browne et al., 2008; Zuo et al., 2019), e atravessar barreiras biológicas (Ng et al., 2018).
72 Alguns estudos também têm demonstrado os efeitos diretos dos MPs em diversos táxons
73 através da redução das taxas de reprodução, crescimento e sobrevivência (Lee et al., 2013;
74 Wright et al., 2013; Foley et al., 2018). Indiretamente, os indivíduos podem sofrer com
75 os efeitos fisiológicos causados pela capacidade de dessorção dos plásticos, ou seja, pela

76 liberação, no ambiente e após o descarte, de substâncias adsorvidas em seu processo de
77 fabricação (Olivatto et al., 2018; Zuo et al., 2019).

78 A poluição de ecossistemas aquáticos, tanto marinhos (Garofalo et al., 2020;
79 Pirsahab et al., 2020) quanto de água doce (Sarijan et al., 2021), com plásticos,
80 especialmente MPs e fibras provenientes do uso doméstico e efluentes industriais (Dalla
81 Fontana et al., 2020), é um problema ecológico global. A crescente preocupação científica
82 com a contaminação plástica tem estimulado estudos sobre (i) a ocorrência de MPs (Fu
83 et al., 2020); (ii) sua interação com poluentes químicos (Chen et al., 2020; Gu et al.,
84 2020); (iii) sua absorção por organismos aquáticos (Assas et al., 2020); (iv) os impactos
85 em diferentes níveis das cadeias alimentares (Hanslik et al., 2020); e (v) sua natureza
86 hidrofóbica, que permite o crescimento de biofilme (Ramsperger et al., 2020; Wen et al.,
87 2020). O biofilme que desenvolve em substratos plásticos dá origem às comunidades
88 epiplásticas que compõem a plastisfera, termo usado para se referir aos ecossistemas que
89 se formam em substratos plásticos (Miao et al., 2021). Por flutuarem nos ecossistemas
90 aquáticos, as platisferas podem transportar microrganismos através da sua deriva e,
91 consequentemente, impactar ambientes naturais através da dispersão de espécies não
92 nativas, poluentes orgânicos, desruptores endócrinos, metais pesados e outras
93 substâncias contidas nos plásticos (Teuten et al., 2009).

94 Alguns estudos têm tentado identificar as diferentes fontes de MPs nos
95 ecossistemas, como reciclagem incompleta (Larsen & von Ins, 2010), produção crescente
96 (Filatov et al., 2018), desgaste de pneus (Leads & Weinstein, 2019), matéria prima de
97 zonas industriais (Zhou et al., 2020), e todo transporte ao longo das bacias hidrográficas
98 (Chen et al., 2020). A maior parte da literatura sobre os MPs parece estar concentrada nos
99 ecossistemas marinhos (Lambert & Wagner, 2016), sendo que os estudos realizados em
100 ecossistemas aquáticos continentais ainda são escassos (Eerkes-Medrano et al., 2015).
101 Levando em consideração que as principais fontes de MPs estão relacionadas à liberação
102 de efluentes domésticos e industriais, tratados ou não, e ao escoamento superficial
103 proveniente de áreas alteradas pela ação humana (Nizzetto et al., 2016; Nel et al., 2018),
104 pode-se concluir que as bacias hidrográficas também estão sendo muito impactadas pela
105 presença dos MPs. Acrescenta-se a isso a falta de padronização nos métodos de
106 identificação dos tipos de polímeros utilizados em experimentos ou encontrados em
107 estudos de monitoramento ambiental. Estes fatores constituem um problema para se
108 analisar ou comparar os estudos realizados em diferentes partes do mundo (Connors et
109 al., 2017; Miller et al., 2017). Apesar do crescente número de estudos sobre este tema,

110 ainda não é possível dizer qual a magnitude dos efeitos e as consequências da poluição
111 ambiental causada por MPs para os organismos aquáticos e o homem (Markic et al.,
112 2020). Além disso, este tema tem sido estudado por pesquisadores de diferentes áreas do
113 conhecimento, que vão desde a Química e a Física até a Ecologia e a Avaliação de
114 Impactos Ambientais. Desta forma, uma grande produção científica tem sido
115 regularmente gerada e divulgada em periódicos científicos com diferentes escopos. A
116 utilização de técnicas e análises de literatura que facilitem o acesso a toda a informação
117 que tem sido produzida sobre temas amplos, como os impactos dos MPs nos ambientes
118 aquáticos, se faz necessária, uma vez que o seu maior conhecimento poderá gerar novos
119 *insights* e ideias para nortear o rumo de pesquisas futuras e a continuidade dos estudos
120 que já foram iniciados (Westgate et al., 2015; Westgate & Lindenmayer, 2017).

121 Estamos vivenciando a era da informação, i.e., a realidade tecnológica vivenciada
122 em nosso dia a dia e que se faz mediadora das relações humanas (Jamil & Neves, 2000).
123 Nesta era, muita informação é produzida nas diversas áreas do conhecimento. E, com o
124 uso inteligente dessas informações, podemos gerar grandes avanços e ideias. A partir das
125 ideias, surgem produtos e soluções para os problemas da sociedade. Tais soluções podem
126 contribuir diretamente na manutenção da vida e do meio ambiente. O grande desafio da
127 ciência moderna é o crescimento exponencial da produção científica (Larsen & von Ins,
128 2010). Toda produção científica gera e utiliza como representação um conjunto de dados.
129 No entanto, os conjuntos de dados sozinhos não têm significado, pois não apresentam
130 novas ideias e respostas. Desta forma, não geram conhecimento nem informação. Quando
131 diferentes conjuntos de dados são analisados e interpretados de forma conjunta podemos
132 obter informações emergentes e não esperadas. É preciso ter em mente que toda a
133 informação científica fica disponível em bases de dados não estruturados, ou seja, dados
134 textuais (Cowie & Lehnert, 1996).

135 Nos últimos anos, novas ferramentas têm surgido com a finalidade de extrair
136 informação de uma grande quantidade de dados textuais (Blei et al., 2002). Desenvolvida
137 pela Ciência da Computação, a mineração de textos, processo análogo à mineração de
138 dados já utilizada em Ecologia (Han & Ostfeld, 2019; Luiz et al., 2019), é um exemplo
139 de uma nova abordagem para atender a esta demanda. A mineração de textos é processo
140 semiautomatizado para extração de conhecimento de conjuntos de dados não
141 estruturados. Os avanços recentes na análise automatizada de textos têm fornecido novas
142 formas e oportunidades para reunir, compreender e cruzar informações em grandes
143 coleções de documentos, como é o caso da mineração de textos seguida de uma

144 modelagem de tópicos. Existem várias ferramentas de mineração de textos e de
145 modelagem de tópicos (Chang et al., 2009; Blei et al., 2010a). No presente estudo, iremos
146 utilizar a Alocação de Dirichlet Latente (LDA) para a modelagem de tópicos (Griffiths &
147 Steyvers, 2004) para analisar a literatura sobre MPs em ecossistemas aquáticos, uma vez
148 que os seus resultados são de fácil interpretação. Esta modelagem também foi
149 amplamente utilizada para analisar textos nas áreas de Jornalismo (Rusch et al., 2013),
150 Política (Grimmer & Stewart, 2013) e análise de redes sociais (Rusch et al., 2013). Na
151 Ecologia ela ainda foi pouco utilizada (Westgate et al., 2015), mas existem processos
152 próximos a LDA, como as análises multivariadas (Wang et al., 2012). A LDA também
153 pode ser vista como um tipo de Análise de Componentes Principais para dados discretos
154 (Blei et al., 2010b). No entanto, esta análise apresenta grande potencial nas áreas de
155 Biologia da Conservação (Chandelier et al., 2018; Greenville et al., 2017; McCallen et
156 al., 2019) e Ciências Aquáticas (Syed et al., 2018).

157 A LDA é uma técnica que representa a distribuição de palavras, uma
158 generalização da distribuição β em um ambiente com muitas dimensões (Griffiths &
159 Steyvers, 2004). Essas distribuições são denominadas tópicos. Os tópicos, ao serem
160 ajustados aos dados, captam os temas presentes no conjunto de dados analisado (Blei et
161 al., 2010a). A família de técnicas não supervisionadas da modelagem de tópicos revela
162 tópicos em um conjunto de textos, processo que difere da descoberta de textos
163 semelhantes que acontece nas análises de agrupamento (Murtagh, 1998). Enquanto nas
164 análises de agrupamento o interesse é reunir um conjunto de objetos que compartilham
165 uma mesma característica, na modelagem de tópicos o interesse está em decompor esses
166 objetos em atributos comuns (palavras). Desta forma, os tópicos procuram identificar e
167 reunir palavras com um mesmo sentido e que normalmente ocorrem juntas. A LDA não
168 só identifica termos que aparecem com frequência mas, a partir de algoritmos de
169 aprendizado semântico, ela identifica tendências do texto ao usar palavras que ocorrem
170 juntas ou ao redor de palavras com maior frequência (Westgate & Lindenmayer, 2017).
171 Ela permite uma maior interpretação e entendimento, revelando (i) o que está oculto no
172 conjunto de documentos, (ii) o que tem sido feito, (iii) as lacunas de conhecimento, e (iv)
173 os tópicos quentes e frios, i.e., os que estão ganhando e perdendo popularidade com o
174 tempo, respectivamente. A LDA facilita o acesso a todo o conhecimento que tem sido
175 gerado de forma rápida, concisa e prática.

176 Para a obtenção dos tópicos, faz-se necessária a aplicação de algoritmos de
177 mineração de texto que irão fazer a limpeza dos dados (Blei et al., 2002) e eliminar, de

178 cada documento, as redundâncias e variações morfológicas das palavras. Há uma forte
179 relação entre a frequência das palavras e sua importância para o entendimento do contexto
180 das informações. Por isso, nessa etapa também serão eliminadas as palavras muito e
181 pouco utilizadas, pois não acrescentam a representatividade do *corpus*, i.e., as ideias
182 chave discutidas em um conjunto de dados (Manring & Schütze, 1999), e as palavras que
183 não significam nada sozinhas, como preposições, pronomes, artigos e advérbios. Outra
184 ação necessária é a redução dos termos analisados a um radical comum, removendo
185 características como grau, número, gênero e desinência. Retira-se os sufixos e prefixos
186 das palavras para assim encontrar a forma primitiva do termo/palavra. Assim, todos os
187 termos que estejam no plural ou derivados são reduzidos à sua raiz, simplificando a
188 representação dos dados. Vale ressaltar que todas as etapas inclusas no pré-processamento
189 dos dados podem ser redefinidas e então repetidas após as próximas etapas, caso algum
190 padrão não tenha atendido às necessidades. Esse pré-processamento dos dados é
191 necessário e esta é a etapa do processo que mais consome tempo e atenção do pesquisador.
192 Esta etapa é de extrema importância, pois está diretamente relacionada ao processo de
193 descoberta do conhecimento latente no *corpus*. Além disso, é comum tópicos diferentes
194 possuírem palavras iguais. Isso acontece porque a distribuição de Dirichlet analisa a
195 semântica, de forma que uma palavra pode ser agrupada em tópicos diferentes de acordo
196 com seu sentido no texto. Os documentos, portanto, são considerados uma mistura dos
197 tópicos e cada documento pode conter mais palavras de um tópico ou de outro, ou
198 proporções iguais de diferentes tópicos. Como um mesmo tópico agrupa muitas palavras,
199 dois documentos podem apresentar um mesmo tópico, e conterem palavras diferentes.

200 É possível perceber um maior interesse sobre os impactos dos MPs ao constatar o
201 aumento no número de publicações sobre esse tema nos últimos anos. No entanto, o que
202 não é possível ou fácil de se identificar é quais tópicos estão sendo mais ou menos
203 explorados, ou onde existem lacunas que poderiam conectar o conhecimento disponível,
204 uma vez que essas questões são mais complexas de serem analisadas. Isso está
205 relacionado ao aumento exponencial das publicações científicas a cada ano (Larsen &
206 von Ins, 2010). Esse aumento impede que os pesquisadores consigam acompanhar as
207 novas informações produzidas em sua área de conhecimento e dificulta a possibilidade
208 de um intercâmbio de conhecimento entre outras áreas, o que poderia contribuir
209 significativamente para o avanço deste tema. Na maioria das vezes, os avanços surgem
210 do resultado da união das informações produzidas entre áreas do conhecimento distintas

211 (Schilling & Green, 2011; Uzzi et al., 2013). Essas evidências apontam para a necessidade
212 de reunir e sintetizar o conhecimento científico (Westgate et al., 2015).

213 Esta dissertação procurou revelar tópicos de pesquisa latentes sobre os impactos
214 causados por MPs nos ambientes aquáticos através da análise da literatura disponível
215 utilizando a modelagem de tópicos. O objetivo deste estudo foi caracterizar o cenário dos
216 tópicos relacionados a MPs em ecossistemas marinhos e de água doce e explorar as
217 interconexões entre estes tópicos.

218

219

220 **3. Métodos**

221 *3.1. Coleta de dados*

222 Para realizar uma análise completa da literatura científica disponível sobre MPs
223 em ambientes aquáticos, foi realizada uma revisão sistemática nas bases de dados *Scopus*
224 e *Web of Science*, contendo as seguintes combinações de palavras para a busca dos
225 artigos: *microplastic* AND *aquatic* OR “*aquatic environment*” OR *marine* OR
226 *freshwater*. Esta busca resultou em uma planilha contendo o resumo completo, o título,
227 as palavras chaves, o ano de publicação, e nome do periódico onde cada artigo encontrado
228 foi publicado.

229 Todos os títulos e resumos foram lidos cuidadosamente para garantir que só
230 artigos relacionados ao tema de pesquisa “microplásticos em ambientes aquáticos”
231 fossem incluídos no conjunto de dados a ser analisado. Por tanto, foram eliminados os
232 artigos que apresentavam estudos com foco principal em outros ambientes, como solo e
233 atmosfera. Os artigos que apresentavam estudos sobre a presença de MPs em alimentos,
234 água potável ou cosméticos também foram eliminados, assim como as entradas duplas e
235 os artigos que não forneciam um resumo. Desta forma, foram considerados todos os
236 artigos relacionados ao tema da pesquisa e publicados no período de 2009 até 2020,
237 resultando em um conjunto de dados composto por 1.682 artigos.

238 O processo de mineração de texto e modelagem de tópicos descrito a seguir foi
239 realizado de acordo com Luiz et al. (2019). O texto do título, palavras-chave e resumo foi
240 utilizado para caracterizar o conteúdo dos artigos. O conteúdo de cada artigo foi então
241 “tokenizado”, i.e., as palavras individuais foram removidas das frases (uni-gramas). Os
242 termos sem significado, como as *stop words* (palavras que não acrescentam muito
243 significado às frases; exemplos: the, or, and, which), números e pontuação, foram
244 removidos. O comprimento mínimo de cada palavra foi padronizado em 3 caracteres. As

245 palavras remanescentes foram retornadas a sua raiz (*stemmed*). Por exemplo, *disturbance*
246 ou *disturbed* se tornaram *disturb* e foram testadas para bi-gramas e tri-gramas. Os bi-
247 gramas são pares de palavras que mantêm uma informação semântica que seria perdida
248 se as palavras fossem analisadas separadamente, como “*water column*” e “*tropical*
249 *stream*”. Os tri-gramas seguem a mesma lógica para termos formados por 3 palavras.
250 Uma prática comum em análises de mineração de texto é conectar estas palavras por um
251 traço baixo (*underscore*), por um processo chamado de n-gramming. Um processo
252 automatizado de n-gramming foi realizado nos dados obtidos através da busca de palavras
253 que ocorreram juntas em uma proporção maior do que o esperado ao acaso com um valor
254 de significância de $p < 0,05$. Os n-gramas tiveram sua relevância visualmente
255 inspecionada e os termos com o mesmo significado foram combinados. Os termos muito
256 raros ($n < 3$) e os muito comuns ($n > 50$), que contribuem pouco com o teor informativo
257 (Westgate et al., 2015), foram removidos, resultando em 1422 termos únicos que foram
258 utilizados nas análises.

259

260 3.2. Análises

261 Modelagem dos tópicos

262 Um tópico em um modelo de tópicos é caracterizado por um conjunto de palavras
263 que ocorrem juntas e trazem *insights* sobre a natureza de um *corpus*, i.e., as ideias chave
264 discutidas em um conjunto de artigos. Desta forma, a modelagem de tópicos pode ser
265 entendida como uma maneira de descrever o conteúdo de diferentes artigos em um *corpus*
266 (Murakami et al., 2017). As categorias identificadas por uma modelagem de tópicos
267 emergem desta metodologia e do próprio *corpus*, sem serem predeterminadas por um
268 avaliador. A modelagem de Alocação de Dirichlet Latente (LDA) foi utilizada para
269 identificar os tópicos comuns reportados no conjunto de dados. A LDA identifica
270 conjuntos de palavras que ocorrem juntas e que são mais frequentemente apresentadas
271 dentro de um mesmo contexto linguístico do que o esperado ao acaso. Estas palavras
272 tendem a ter significados semelhantes e se referem a um assunto similar, permitindo então
273 a definição dos tópicos. O modelo LDA segue a premissa que os artigos exibem múltiplos
274 tópicos em proporções mistas, capturando então a heterogeneidade dos tópicos de
275 pesquisa nas publicações científicas (Erosheva et al., 2004).

276 Os resultados da LDA incluem uma lista das palavras mais comuns e suas
277 probabilidades dos tópicos para cada artigo. No entanto, o modelo não fornece um nome
278 para cada tópico identificado. Para rotular cada tópico, as 20 palavras mais representativas

279 de cada tópico foram consideradas. Quando necessário, os artigos nos quais cada tópico
280 foi dominante também foram considerados. Devido à natureza não orientada da LDA, o
281 número de tópicos pode ser definido a priori ou escolhido a partir de algumas métricas.
282 Utilizando o pacote “ldatuning” no R (Murzintcev, 2014), foram criados 50 diferentes
283 modelos LDA através da variação do parâmetro K de 1 a 50. O número de tópicos no
284 modelo LDA utilizado foi determinado utilizando o método de otimização proposto por
285 Deveaud et al. (2014). O melhor modelo LDA foi ajustado utilizando o pacote
286 “topicmodels” (Hornik & Grün, 2011).

287

288 Similaridade dos tópicos

289 Agrupamentos de tópicos similares devem ser identificados previamente à
290 interpretação do significado de cada tópico (Westgate et al., 2015). A modelagem LDA
291 produz uma matriz de pesos (i.e., probabilidades de ocorrência) de cada palavra em cada
292 tópico que pode ser resumida de acordo com uma associação (dissimilaridade) métrica e
293 sujeita a análise de ordenação multivariada. Isto é análogo ao tratamento das palavras
294 como espécies e dos tópicos como locais em uma análise clássica de ecologia de
295 comunidades. Para avaliar a similaridade dos tópicos, foi calculada a distância de Bray-
296 Curtis entre cada par de tópicos utilizando a matriz de pesos de cada palavra em cada
297 tópico (matriz de distância “palavras”). A matriz de distância foi visualizada através de
298 uma Análise de Escalonamento Multidimensional Não-métrico (nMDS).

299

300 Popularidade dos tópicos

301 Para determinar a tendência na popularidade dos tópicos, as proporções médias de
302 cada tópico foram agrupadas por ano. As tendências na prevalência dos tópicos ao longo
303 do tempo foram inferidas pela mudança média na prevalência dos tópicos entre dois anos
304 consecutivos. Tópicos com médias positivas e negativas na prevalência ao longo do
305 tempo foram considerados tópicos quentes (*hot*, com popularidade crescente) e frios
306 (*cold*, com popularidade decrescente), respectivamente (Griffiths & Steyvers, 2004;
307 McCallen et al., 2019).

308

309

310 **4. Resultados**

311 A seleção dos modelos sugeriu um número ótimo de 15 tópicos para o *corpus*
312 deste estudo. As 20 palavras mais prováveis, juntamente com o rótulo de cada tópico

313 latente descoberto, estão mostradas na Tabela 1. Algumas palavras foram associadas a
314 mais de um tópico, resultando em tópicos mais ou menos associados entre si. A Tabela
315 S1 apresenta uma extensa lista de palavras por tópico.

316 Os 15 tópicos sugeridos pela LDA abrangem vários subtemas/áreas/vertentes da
317 pesquisa sobre MPs em ambientes aquáticos. Após análise dos agrupamentos de palavras
318 por tópico e com base no conhecimento sobre o assunto, os tópicos foram rotulados da
319 seguinte forma: (1) Comportamento de invertebrados, (2) Caracterização em águas
320 continentais, (3) Ensaio ecotoxicológicos, (4) Transferência trófica, (5) Experimentos de
321 sorção, (6) Caracterização em rios urbanos, (7) Avaliação de risco para consumo humano,
322 (8) Colonização de biofilme, (9) Toxicidade e resposta fisiológica, (10) Ocorrência em
323 ambientes marinhos, (11) Monitoramento, (12) Protocolos para análise, (13) Poluição em
324 ambientes marinhos, (14) Estudos em Estações de Tratamento de Água (ETA), (15)
325 Ocorrência em trechos baixos de bacias hidrográficas e estuários.

326 Ao longo do período estudado, os tópicos que dominaram o maior número de
327 artigos (160 artigos cada) foram “Transferência trófica” e “Ocorrência em ambientes
328 marinhos”, seguidos por “Comportamento de invertebrados”, “Colonização de biofilme”,
329 “Toxicidade e resposta fisiológica” e “Protocolos para análise” (120 artigos cada). Os
330 tópicos que predominaram em 100 artigos foram “Caracterização em águas continentais”,
331 “Ensaio ecotoxicológicos”, “Experimentos de sorção”, “Caracterização em rios
332 urbanos”, “Avaliação de risco para consumo humano”, e “Poluição em ambientes
333 marinhos”, seguidos por “Monitoramento” e “Ocorrência em trechos baixos de bacias
334 hidrográficas e estuários” (80 artigos cada). Uma representação visual dos tópicos, suas
335 proporções dentro do *corpus* completo e sua representação em artigos relativos a estudos
336 sobre microplásticos em ambientes aquáticos são mostrados na Figura 1.

337 A prevalência dos tópicos, i.e., a contribuição proporcional de cada tópico no
338 *corpus* deste estudo, representados na literatura não variou consideravelmente ao longo
339 do tempo (Fig. 2A). Esta pequena variação na prevalência dos tópicos provavelmente se
340 deve ao fato das pesquisas em MPs serem recentes. Os primeiros estudos datam 1970 e o
341 aumento significativo da produção ocorreu a partir de 2009. Os tópicos “Ocorrência em
342 ambientes marinhos” e “Experimentos de sorção” demonstraram quedas significativas na
343 prevalência ao longo do tempo e, portanto, foram considerados "tópicos frios" de
344 interesse atual na literatura (Fig. 2B). Por outro lado, nenhum tópico apresentou um
345 aumento significativo na prevalência, de forma que não foram identificados “tópicos
346 quentes”, i.e., com aumento de popularidade, no conjunto de dados analisado. Os tópicos

347 “Ensaio ecotoxicológicos”, “Estudos em Estações de Tratamento de Água (ETA)”,
348 “Toxicidade e resposta fisiológica”, “Ocorrência em trechos baixos de bacias
349 hidrográficas e estuários” foram os dominantes no período analisado. No entanto estes
350 tópicos ainda não são considerados tópicos quentes. O fato de outros tópicos também
351 terem apresentado altos valores de dominância indica que diferentes áreas do
352 conhecimento têm se interessado e contribuído para a produção científica no tema
353 pesquisado.

354 Os tópicos considerados frios não são tópicos que necessariamente carecem de
355 prevalência no *corpus*, mas são aqueles que apresentaram uma queda forte na
356 popularidade ao longo tempo. Por exemplo, “Ocorrência em ambientes marinhos” e
357 “Experimentos de sorção” demonstraram quedas significativas na prevalência, mas ainda
358 são relativamente bem representados. “Ocorrência em ambientes marinhos” é um dos
359 tópicos de maior peso dentro do *corpus*, predominando em 160 artigos.

360

361

362 **5. Discussão**

363 Os rótulos dos tópicos foram definidos após a análise das 20 palavras que
364 ocorreram com maior frequência em cada tópico. Estas palavras tiveram maior peso e,
365 por isso, contribuíram mais para o tópico. O Tópico 1, por exemplo, recebeu o rótulo
366 “Comportamento de invertebrados”. Entre as 20 palavras mais frequentes, estão
367 *polystiren, larva, feed, rate, fiber, zebra-fish, behavior, develop, stage, e metabol*. Estas
368 palavras foram reduzidas à sua raiz, após o processo de mineração de texto.

369 Os tópicos que tiveram o maior peso e, por isso, predominaram em um maior
370 número de artigos, foram “(10) Ocorrência em ambientes marinhos” e “(4) Transferência
371 trófica”, aparecendo em 160 artigos cada. Isso se deve ao fato destes tópicos estarem
372 relacionados à compreensão da natureza desse poluente e suas implicações no ambiente.
373 Provavelmente, os artigos que onde esses tópicos predominam têm sido utilizados como
374 base para justificar os estudos sobre MPs em diferentes áreas do conhecimento. Estes
375 tópicos também constituíram o par que apresentou menor similaridade, por tratarem de
376 assuntos muitos específicos, i.e., transferência trófica, bioacumulação, e ocorrência de
377 microplásticos em mares e oceanos.

378 Os tópicos que foram mais similares são “(1) Comportamento de invertebrados”
379 e “(6) Caracterização em rios urbanos”. Esses tópicos também ficaram bem próximos
380 quanto a popularidade, com tendência de aumento em sua prevalência. Isso pode estar

381 relacionado à mudança de foco das pesquisas recentes, que têm migrado dos ecossistemas
382 marinhos para os de água doce (Winkler et al., 2020). Em 2018, os estudos realizados em
383 ambientes de água doce representavam menos de 4% da literatura disponível (Lambert &
384 Wagner, 2016). A necessidade de se conhecer as fontes de MPs para os oceanos,
385 alavancou os estudos em bacias hidrográficas. Por esse motivo, os estudos em estações
386 de tratamento de água (Tópico 14) também começaram a se destacar, com potencial para
387 aumentar a sua prevalência nos próximos anos.

388 O tópico “(10) Ocorrência em ambientes marinhos” foi considerado um tópico
389 frio. Esse declínio pode estar relacionado à ampla distribuição global dos MPs, que já foi
390 relatada em diversos estudos (Fu et al., 2020). As observações em diferentes ambientes
391 têm sugerido que os MPs estão se tornando onipresentes (Thompson et al., 2004), uma
392 vez que já foram encontrados em recifes (Scircle et al., 2020), ilhas (Monteiro et al.,
393 2018), sedimentos (Zuo et al., 2019), organismos (Huang et al., 2021), praias arenosas e
394 rochosas (Karthik et al., 2018; McWilliams et al., 2018), em acúmulos de neve em
395 montanhas (Pastorino et al., 2021), no polo sul e norte (Tekman et al., 2017; Dawson et
396 al., 2018) e até mesmo em fossas abissais (Peng et al., 2020).

397 Outro tópico considerado frio foi “(5) Experimentos de sorção”. Esse tema foi
398 muito estudado em 2013, mas, com o crescimento das pesquisas em outras áreas, como
399 ensaios ecotoxicológicos e toxicidade, passou a ser um assunto secundário. Apesar da sua
400 representatividade dentro do *corpus* ter sido significativa (100 artigos), a modelagem de
401 tópicos indicou que este tópico atualmente está com a sua popularidade em declínio. O
402 impacto dessas informações serve como base e impulso para os tópicos que estão
403 emergindo. Foi através das informações geradas sobre a ocorrência e a capacidade de
404 sorção dos microplásticos que surgiu uma preocupação maior em relação a esse poluente,
405 dando espaço para estudos em novas áreas. O fato de apenas dois tópicos terem sido
406 considerados frios, apesar de estarem significativamente representados no *corpus*
407 analisado, reforça o quão recente as pesquisas sobre microplásticos são.

408 Não foram identificados tópicos quentes no conjunto de dados analisado. Isso
409 provavelmente se deve à recente descoberta e interesse pelos MPs, comparado a outros
410 poluentes. As primeiras ocorrências de MPs no ambiente foram relatadas nos anos 1970.
411 Buchanan (1971) e Carpenter (1972) observaram pela primeira vez partículas de plásticos
412 no ambiente marinho. O termo microplástico se tornou comum em 2004, quando
413 Thompson (2004) realizou um estudo que objetivou quantificar a abundância de
414 microplásticos em amostras de sedimentos de praias. Somente em 2016, Lambert &

415 Wagner (2016) definiram os microplásticos como partículas com dimensões menores que
416 5 mm. Através do conjunto de dados analisado, pôde-se observar que os estudos com
417 microplásticos começaram a aumentar a partir de meados de 2015 (46 artigos) e em 2016
418 (94 artigos).

419 Os resultados obtidos indicaram uma quantidade significativa de tópicos com
420 tendência a aumentar sua prevalência nos próximos anos: “(3) Ensaio toxicológicos”,
421 “(14) Estudos em Estações de Tratamento de Água (ETA)”, “(9) Toxicidade e respostas
422 fisiológicas”, “(15) Ocorrência em trechos baixos de bacias hidrográficas e estuários”,
423 “(7) Avaliação de risco para a saúde humana”, “(2) Caracterização em águas
424 continentais”, “(4) Transferência trófica”, “(1) Comportamento de invertebrados” e “(6)
425 Caracterização em rios urbanos”. Este padrão evidencia que a maioria dos estudos sobre
426 MPs são recentes e confirma o interesse de diferentes áreas de conhecimento no tema. Os
427 Tópicos 3 e 14 provavelmente serão os primeiros a ganhar destaque e a emergir nos
428 próximos anos.

429 Os tópicos neutros não são tópicos que necessariamente possuem tendência a
430 esfriar. Nesta categoria podem estar assuntos muito novos que tendem a se destacar, como
431 é o caso do tópico “(8) Colonização de biofilme”. Alguns tópicos normalmente se mantêm
432 neutros, pois permeiam várias áreas do conhecimento, fazendo conexões com diferentes
433 estudos como, por exemplo, o tópico “(11) Monitoramento”. O tópico “(12) Protocolos
434 para análise”, apesar de ter sido classificado como neutro, está em crescimento devido à
435 necessidade de padronização das avaliações comparativas, com o intuito de identificar
436 tendências regionais, nacionais e globais na distribuição e caracterização de
437 microplásticos no ambiente e na biota. Este é um grande desafio e, embora muitos estudos
438 utilizem técnicas semelhantes, ainda não existe uma padronização das avaliações.

439 Toda pesquisa sobre microplásticos se baseia na sua dimensão, sendo de extrema
440 importância a padronização das partículas, bem como as unidades de medidas, na
441 determinação das concentrações de microplásticos e comparação de estudos onde as
442 unidades não são consistentes (Horton et al., 2017). Estudos a respeito dos métodos para
443 quantificação, caracterização e detecção de microplásticos no ambiente e na biota ainda
444 se encontram em fase inicial. Além disso, as diferenças no processamento das análises
445 também impedem a comparação dos resultados, o que suporta a grande necessidade do
446 desenvolvimento de protocolos padronizados (Isobe et al., 2019). Por outro lado, novos
447 estudos são necessários para o preenchimento das lacunas existentes, apesar de alguns
448 estudos estarem apresentando novos critérios e relatos mais consistentes. Recentemente,

449 houve um aumento do uso da Espectroscopia de Infravermelho (FTIR) do estudo dos MPs
450 (Schmidt et al., 2018; Raju et al., 2020), por possibilitar a detecção de partículas com
451 tamanhos inferior a 500 μm , do Espectroscópio de Raman (partículas $\leq 20\mu\text{m}$;) (Lv et
452 al., 2020), entre outros (Lusher et al., 2013; Birch et al., 2020). O tópico “(13) Poluição
453 marinha”, pode estar realmente em declínio de prevalência, assim como o tópico “(10)
454 Ocorrência em ambientes marinhos”, por serem assuntos que foram pioneiros no estudo
455 dos microplásticos.

456

457

458 **6. Conclusão**

459 Esta análise da literatura revelou que os estudos sobre microplásticos são muito
460 recentes. A natureza da popularidade dos tópicos encontrados sugere que vários tópicos
461 apresentaram tendência de aumento de prevalência. No entanto, nenhum tópico
462 apresentou alta popularidade e apenas dois tópicos foram considerados frios, i.e, com
463 queda em sua prevalência ao longo do tempo. Também foi possível constatar que os
464 estudos sobre MPs estão distribuídos em diferentes áreas do conhecimento, as quais têm
465 contribuído concomitantemente para a produção científica sobre este tema. Este tipo de
466 revisão de literatura com modelagem de tópicos evidencia os rumos que os estudos têm
467 tomado ao longo do tempo, bem como a popularidade dos temas estudados e todo
468 conhecimento que foi gerado a partir de um grande conjunto de dados. Cada vez mais se
469 torna necessário este tipo de esforço com o objetivo de encontrar respostas sejam úteis na
470 busca de soluções para os problemas ambientais da sociedade ambiental.

471

472

473 **7. Referências**

- 474 Allen, A. S., A. C. Seymour, & D. Rittschof, 2017. Chemoreception drives plastic
475 consumption in a hard coral. *Marine Pollution Bulletin Elsevier* 124: 198–205,
476 <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.07.030>.
- 477 Assas, M., X. Qiu, K. Chen, H. Ogawa, H. Xu, Y. Shimasaki, & Y. Oshima, 2020.
478 Bioaccumulation and reproductive effects of fluorescent microplastics in medaka
479 fish. *Marine Pollution Bulletin* 158: 4–9.
- 480 AU, S. Y., T. F. BRUCE, W. C. BRIDGES, & S. J. KLAINEy, 2015. Responses of
481 hyalella azteca to acute and chronic microplastic exposures. *Environmental*
482 *Toxicology and Chemistry* 34: 2564–2572.
- 483 Barnes, D. K. A., F. Galgani, R. C. Thompson, M. Barlaz, D. K. A. Barnes, F. Galgani,
484 R. C. Thompson, & M. Barlaz, 2009. Accumulation and fragmentation of plastic
485 debris in global environments. *Philosophical transactions of the Royal Society of*
486 *London. Series B, Biological sciences* 364: 1985–1998.

487 Birch, Q. T., P. M. Potter, P. X. Pinto, D. D. Dionysiou, & S. R. Al-Abed, 2020. Sources,
488 transport, measurement and impact of nano and microplastics in urban watersheds.
489 Reviews in Environmental Science and Biotechnology. Springer Netherlands,
490 <https://doi.org/10.1007/s11157-020-09529-x>.

491 Blei, D., L. Carin, & D. Dunson, 2010a. Probabilistic topic models. *IEEE Signal*
492 *Processing Magazine* 27: 55–65.

493 Blei, D., L. Carin, & D. Dunson, 2010b. Probabilistic topic models: A focus on graphical
494 model design and applications to document and image analysis. *IEEE Signal*
495 *Processing Magazine* 55–65.

496 Blei, D. M., A. Y. Ng, & M. T. Jordan, 2002. Latent dirichlet allocation. *Advances in*
497 *Neural Information Processing Systems* .

498 Browne, M. A., P. Crump, S. J. Niven, E. Teuten, A. Tonkin, T. Galloway, & R.
499 Thompson, 2011. Accumulation of Microplastic on Shorelines Woldwide : Sources
500 and Sinks. 9175–9179.

501 Browne, M. A., A. Dissanayake, T. S. Galloway, D. M. Lowe, & R. C. Thompson, 2008.
502 Ingested microscopic plastic translocates to the circulatory system of the mussel,
503 *mytilus edulis* (L.). *Environmental Science & Technology* 42: 5026–5031,
504 <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/es800249a>.

505 Chae, Y., D. Kim, S. W. Kim, & Y. J. An, 2018. Trophic transfer and individual impact
506 of nano-sized polystyrene in a four-species freshwater food chain. *Scientific*
507 *Reports Springer US* 8: 1–11, <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-017-18849-y>.

508 Chandelier, M., A. Steuckardt, R. Mathevet, S. Diwersy, & O. Gimenez, 2018. Content
509 analysis of newspaper coverage of wolf recolonization in France using structural
510 topic modeling. *Biological Conservation Elsevier* 220: 254–261,
511 <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.01.029>.

512 Chang, J., J. Boyd-Graber, S. Gerrish, C. Wang, & D. M. Blei, 2009. Reading tea leaves:
513 How humans interpret topic models. *Advances in Neural Information Processing*
514 *Systems 22 - Proceedings of the 2009 Conference* 288–296.

515 Chen, H., Q. Jia, X. Zhao, L. Li, Y. Nie, H. Liu, & J. Ye, 2020. The occurrence of
516 microplastics in water bodies in urban agglomerations: Impacts of drainage system
517 overflow in wet weather, catchment land-uses, and environmental management
518 practices. *Water Research Elsevier Ltd* 183: 116073,
519 <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116073>.

520 Chua, E. M., J. Shimeta, D. Nugegoda, P. D. Morrison, & B. O. Clarke, 2014.
521 Assimilation of Polybrominated Diphenyl Ethers from Microplastics by the Marine
522 Amphipod, *Allorchestes Compressa*. *Environmental Science & Technology* 48:
523 8127–8134.

524 Cole, M., P. Lindeque, E. Fileman, C. Halsband, R. Goodhead, J. Moger, & T. S.
525 Galloway, 2013. Microplastic ingestion by zooplankton. *Environmental Science*
526 *and Technology* 47: 6646–6655.

527 Cole, M., P. Lindeque, C. Halsband, & T. S. Galloway, 2011. Microplastics as
528 contaminants in the marine environment : A review. *Marine Pollution Bulletin*
529 *Elsevier Ltd* 62: 2588–2597, <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.09.025>.

530 Connors, K. A., S. D. Dyer, & S. E. Belanger, 2017. Advancing the quality of
531 environmental microplastic research. *Environmental Toxicology and Chemistry* 36:
532 1697–1703.

533 Cuthbert, R. N., R. Al-Jaibachi, T. Dalu, J. T. A. Dick, & A. Callaghan, 2019. The
534 influence of microplastics on trophic interaction strengths and oviposition
535 preferences of dipterans. *Science of the Total Environment Elsevier B.V.* 651:
536 2420–2423, <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.108>.

- 537 Cowie, J., & W. Lehnert, 1996. This breakthrough method for sorting through reams of
538 text, linking relevant information while ignoring the irrelevant, has stimulated
539 research into natural language processing and promises practical text-analysis
540 applications. *Communications of the ACM* 39: 80–91.
- 541 Dalla Fontana, G., R. Mossotti, & A. Montarsolo, 2020. Assessment of microplastics
542 release from polyester fabrics: The impact of different washing conditions.
543 *Environmental Pollution Elsevier Ltd* 264: 113960,
544 <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.113960>.
- 545 Dawson, A. L., S. Kawaguchi, C. K. King, K. A. Townsend, R. King, W. M. Huston, &
546 S. M. Bengtson Nash, 2018. Turning microplastics into nanoplastics through
547 digestive fragmentation by Antarctic krill. *Nature Communications Springer US* 9:
548 1–8, <http://dx.doi.org/10.1038/s41467-018-03465-9>.
- 549 Duncan, E. M., A. C. Broderick, W. J. Fuller, T. S. Galloway, M. H. Godfrey, M.
550 Hamann, C. J. Limpus, P. K. Lindeque, A. G. Mayes, L. C. M. Omeyer, D. Santillo,
551 R. T. E. Snape, & B. J. Godley, 2019. Microplastic ingestion ubiquitous in marine
552 turtles. *Global Change Biology* 25: 744–752.
- 553 Eerkes-Medrano, D., R. C. Thompson, & D. C. Aldridge, 2015. Microplastics in
554 freshwater systems: A review of the emerging threats, identification of knowledge
555 gaps and prioritisation of research needs. *Water Research Elsevier Ltd* 75: 63–82,
556 <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2015.02.012>.
- 557 Erosheva, E., S. Fienberg, & J. Lafferty, 2004. Mixed-membership models of scientific
558 publications. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States*
559 *of America* 101: 5220–5227.
- 560 Fendall, L. S., & M. A. Sewell, 2009. Contributing to marine pollution by washing your
561 face : Microplastics in facial cleansers. *Marine Pollution Bulletin Elsevier Ltd* 58:
562 1225–1228, <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2009.04.025>.
- 563 Filatov, V. V., N. A. Zaitseva, A. A. Larionova, V. N. Zhenzhebir, I. V. Polozhentseva,
564 O. V. Takhumova, & G. M. Kolosova, 2018. State management of plastic
565 production based on the implementation of UN decisions on environmental
566 protection. *Ekoloji* 27: 635–642.
- 567 Foley, C. J., Z. S. Feiner, T. D. Malinich, & T. O. Höök, 2018. Science of the total
568 environment a meta-analysis of the effects of exposure to microplastics on fi sh and
569 aquatic invertebrates. *Science of the Total Environment Elsevier B.V.* 631–632:
570 550–559, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.046>.
- 571 Fu, Z., G. Chen, W. Wang, & J. Wang, 2020. Microplastic pollution research
572 methodologies, abundance, characteristics and risk assessments for aquatic biota in
573 China. *Environmental Pollution Elsevier Ltd* 266: 115098,
574 <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115098>.
- 575 Garofalo, G., F. Quattrocchi, G. Bono, M. Di Lorenzo, F. Di Maio, F. Falsone, V.
576 Gancitano, M. L. Geraci, V. Lauria, D. Massi, D. Scannella, A. Titone, & F.
577 Fiorentino, 2020. What is in our seas? Assessing anthropogenic litter on the seafloor
578 of the central Mediterranean Sea. *Environmental Pollution Elsevier Ltd* 266:
579 115213, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115213>.
- 580 Greenville, A. C., C. R. Dickman, & G. M. Wardle, 2017. 75 years of dryland science:
581 Trends and gaps in arid ecology literature. *PLoS ONE* 12: 1–10.
- 582 Griffiths, T. L., & M. Steyvers, 2004. Finding scientific topics. *Proceedings of the*
583 *National Academy of Sciences of the United States of America* 101: 5228–5235.
- 584 Grimmer, J., & B. M. Stewart, 2013. Text as data: The promise and pitfalls of automatic
585 content analysis methods for political texts. *Political Analysis* 21: 267–297.
- 586 Gu, H., S. Wei, M. Hu, H. Wei, X. Wang, Y. Shang, L. Li, H. Shi, & Y. Wang, 2020.

587 Microplastics aggravate the adverse effects of BDE-47 on physiological and
588 defense performance in mussels. *Journal of Hazardous Materials* 398:.

589 Han, B. A., & R. S. Ostfeld, 2019. Topic modeling of major research themes in disease
590 ecology of mammals. *Journal of Mammalogy* 100: 1008–1018.

591 Hanslik, L., C. Sommer, S. Huppertsberg, S. Dittmar, T. P. Knepper, & T. Braunbeck,
592 2020. Microplastic-associated trophic transfer of benzo(k)fluoranthene in a limnic
593 food web: Effects in two freshwater invertebrates (*Daphnia magna*, *Chironomus*
594 *riparius*) and zebrafish (*Danio rerio*). *Comparative Biochemistry and Physiology*
595 *Part - C: Toxicology and Pharmacology Elsevier* 237: 108849,
596 <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2020.108849>.

597 Hidalgo-ruz, V., L. Gutow, R. C. Thompson, & M. Thiel, 2012. Microplastics in the
598 marine environment: a review of the methods used for identification and
599 quantification. *Environmental Science & Technology* 46: 3060–3075.

600 Horton, A. A., C. Svendsen, R. J. Williams, D. J. Spurgeon, & E. Lahive, 2017. Large
601 microplastic particles in sediments of tributaries of the River Thames, UK –
602 Abundance, sources and methods for effective quantification. *Marine Pollution*
603 *Bulletin Elsevier B.V.* 114: 218–226,
604 <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.09.004>.

605 Huang, D., J. Tao, M. Cheng, R. Deng, S. Chen, L. Yin, & R. Li, 2021. Microplastics and
606 nanoplastics in the environment: Macroscopic transport and effects on creatures.
607 *Journal of Hazardous Materials. Elsevier*,
608 <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124399>.

609 Hurley, R. R., J. C. Woodward, & J. J. Rothwell, 2017. Ingestion of Microplastics by
610 Freshwater Tubifex Worms. *Environmental Science and Technology* 51: 12844–
611 12851.

612 Isobe, A., N. T. Buenaventura, S. Chastain, S. Chavanich, A. Cózar, M. DeLorenzo, P.
613 Hagmann, H. Hinata, N. Kozlovskii, A. L. Lusher, E. Martí, Y. Michida, J. Mu, M.
614 Ohno, G. Potter, P. S. Ross, N. Sagawa, W. J. Shim, Y. K. Song, H. Takada, T.
615 Tokai, T. Torii, K. Uchida, K. Vassillenko, V. Viyakarn, & W. Zhang, 2019. An
616 interlaboratory comparison exercise for the determination of microplastics in
617 standard sample bottles. *Marine Pollution Bulletin Elsevier* 146: 831–837,
618 <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.07.033>.

619 Jamil, G., & J. Neves, 2000. A era da informação: considerações sobre o
620 desenvolvimento das ferramentas de informação. *Perspectivas em Ciência da*
621 *Informação* 5: 41–53.

622 Karthik, R., R. S. Robin, R. Purvaja, D. Ganguly, I. Anandavelu, R. Raghuraman, G.
623 Hariharan, A. Ramakrishna, & R. Ramesh, 2018. Microplastics along the beaches
624 of southeast coast of India. *Science of the Total Environment Elsevier B.V.* 645:
625 1388–1399, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.242>.

626 Lambert, S., & M. Wagner, 2016. Formation of microscopic particles during the
627 degradation of different polymers. *Chemosphere Elsevier Ltd* 161: 510–517,
628 <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.07.042>.

629 Larsen, P. O., & M. von Ins, 2010. The rate of growth in scientific publication and the
630 decline in coverage provided by science citation index. *Scientometrics* 84: 575–
631 603.

632 Leads, R. R., & J. E. Weinstein, 2019. Occurrence of tire wear particles and other
633 microplastics within the tributaries of the Charleston Harbor Estuary, South
634 Carolina, USA. *Marine Pollution Bulletin Elsevier* 145: 569–582,
635 <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.06.061>.

636 Lee, K. W., W. J. Shim, O. Y. Kwon, & J. H. Kang, 2013. Size-dependent effects of micro

637 polystyrene particles in the marine copepod *tigriopus japonicus*. *Environmental*
638 *Science and Technology* 47: 11278–11283.

639 Luiz, O. J., J. D. Olden, M. J. Kennard, D. A. Crook, M. M. Douglas, T. M. Saunders, &
640 A. J. King, 2019. Trait-based ecology of fishes: A quantitative assessment of
641 literature trends and knowledge gaps using topic modelling. *Fish and Fisheries* 20:
642 1100–1110.

643 Lusher, A. L., M. McHugh, & R. C. Thompson, 2013. Occurrence of microplastics in the
644 gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel. *Marine*
645 *Pollution Bulletin* 67: 94–99, <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.11.028>.

646 Lv, L., L. He, S. Jiang, J. Chen, C. Zhou, J. Qu, Y. Lu, P. Hong, S. Sun, & C. Li, 2020.
647 In situ surface-enhanced Raman spectroscopy for detecting microplastics and
648 nanoplastics in aquatic environments. *Science of the Total Environment Elsevier*
649 B.V. 728: 138449, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138449>.

650 Ma, Y., A. Huang, S. Cao, F. Sun, L. Wang, & H. Guo, 2016. Effects of nanoplastics and
651 microplastics on toxicity , bioaccumulation , and environmental fate of
652 phenanthrene in fresh water *. *Environmental Pollution Elsevier Ltd* 219: 166–173,
653 <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2016.10.061>.

654 Markic, A., J. C. Gaertner, N. Gaertner-Mazouni, & A. A. Koelmans, 2020. Plastic
655 ingestion by marine fish in the wild. *Critical Reviews in Environmental Science*
656 *and Technology Taylor & Francis* 50: 657–697,
657 <https://doi.org/10.1080/10643389.2019.1631990>.

658 McCallen, E., J. Knott, G. Nunez-Mir, B. Taylor, I. Jo, & S. Fei, 2019. Trends in ecology:
659 shifts in ecological research themes over the past four decades. *Frontiers in Ecology*
660 *and the Environment* 17: 109–116.

661 McWilliams, M., M. Liboiron, & Y. Wiersma, 2018. Rocky shoreline protocols miss
662 microplastics in marine debris surveys (Fogo Island, Newfoundland and Labrador).
663 *Marine Pollution Bulletin Elsevier* 129: 480–486,
664 <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.10.018>.

665 Miao, L., Y. Yu, T. M. Adyel, C. Wang, Z. Liu, S. Liu, L. Huang, G. You, M. Meng, H.
666 Qu, & J. Hou, 2021. Distinct microbial metabolic activities of biofilms colonizing
667 microplastics in three freshwater ecosystems. *Journal of Hazardous Materials*
668 *Elsevier B.V.* 403: 123577, <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123577>.

669 Miller, M. E., F. J. Kroon, & C. A. Motti, 2017. Recovering microplastics from marine
670 samples: A review of current practices. *Marine Pollution Bulletin Elsevier* 123: 6–
671 18, <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.08.058>.

672 Monteiro, R. C. P., J. A. Ivar do Sul, & M. F. Costa, 2018. Plastic pollution in islands of
673 the Atlantic Ocean. *Environmental Pollution Elsevier Ltd* 238: 103–110,
674 <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.01.096>.

675 Murakami, A., P. Thompson, S. Hunston, & D. Vajn, 2017. “What is this corpus about?”:
676 Using topic modelling to explore a specialised corpus. *Corpora* 12: 243–277.

677 Murtagh, F., 1998. Clustering and Classification. *The Computer Journal* 41: 517–517.

678 Nel, H. A., T. Dalu, & R. J. Wasserman, 2018. Sinks and sources: Assessing microplastic
679 abundance in river sediment and deposit feeders in an Austral temperate urban river
680 system. *Science of the Total Environment Elsevier B.V.* 612: 950–956,
681 <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.298>.

682 Nelms, S. E., T. S. Galloway, B. J. Godley, D. S. Jarvis, & P. K. Lindeque, 2018.
683 Investigating microplastic trophic transfer in marine top predators. *Environmental*
684 *Pollution Elsevier Ltd* 238: 999–1007,
685 <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.02.016>.

686 Ng, E. L., E. Huerta Lwanga, S. M. Eldridge, P. Johnston, H. W. Hu, V. Geissen, & D.

687 Chen, 2018. An overview of microplastic and nanoplastic pollution in
688 agroecosystems. *Science of the Total Environment Elsevier B.V.* 627: 1377–1388,
689 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.341>.

690 Nizzetto, L., G. Bussi, M. N. Futter, D. Butterfield, & P. G. Whitehead, 2016. A
691 theoretical assessment of microplastic transport in river catchments and their
692 retention by soils and river sediments. *Environmental Science: Processes and
693 Impacts* 18: 1050–1059.

694 Olivatto, G. P., R. Carreira, V. L. Tornisielo, & C. C. Montagner, 2018. Microplastics :
695 contaminants of global concern in the anthropocene. *Revista Virtual de Quimica*
696 10: 1968–1989.

697 Pastorino, P., E. Pizzul, M. Bertoli, S. Anselmi, M. Kušće, V. Menconi, M. Prearo, & M.
698 Renzi, 2021. First insights into plastic and microplastic occurrence in biotic and
699 abiotic compartments, and snow from a high-mountain lake (Carnic Alps).
700 *Chemosphere* 265:.

701 Peng, G., R. Bellerby, F. Zhang, X. Sun, & D. Li, 2020. The ocean’s ultimate trashcan:
702 Hadal trenches as major depositories for plastic pollution. *Water Research Elsevier
703 Ltd* 168: 115121, <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.115121>.

704 Pirsaeheb, M., H. Hossini, & P. Makhdoumi, 2020. Review of microplastic occurrence and
705 toxicological effects in marine environment: Experimental evidence of
706 inflammation. *Process Safety and Environmental Protection Institution of Chemical
707 Engineers* 142: 1–14, <https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.05.050>.

708 Provencher, J. F., A. L. Bond, A. Hedd, W. A. Montevecchi, S. Bin Muzaffar, S. J.
709 Courchesne, H. G. Gilchrist, S. E. Jamieson, F. R. Merkel, K. Falk, J. Durinck, &
710 M. L. Mallory, 2014. Prevalence of marine debris in marine birds from the North
711 Atlantic. *Marine Pollution Bulletin Elsevier Ltd* 84: 411–417,
712 <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.04.044>.

713 Raju, S., M. Carbery, A. Kuttykattil, K. Senthirajah, A. Lundmark, Z. Rogers, S. SCB,
714 G. Evans, & T. Palanisami, 2020. Improved methodology to determine the fate and
715 transport of microplastics in a secondary wastewater treatment plant. *Water
716 Research Elsevier Ltd* 173: 115549, <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115549>.

717 Ramsperger, A. F. R. M., A. C. Stellwag, A. Caspari, A. Fery, T. Lueders, H. Kress, M.
718 G. J. Löder, & C. Laforsch, 2020. Structural diversity in early-stage biofilm
719 formation on microplastics depends on environmental medium and polymer
720 properties. *Water (Switzerland)* 12: 1–21.

721 Rusch, T., P. Hofmarcher, R. Hatzinger, & K. Hornik, 2013. Model trees with topic model
722 preprocessing: An approach for data journalism illustrated with the Wikileaks
723 Afghanistan war logs. *Annals of Applied Statistics* 7: 613–639.

724 Sarijan, S., S. Azman, M. I. M. Said, & M. H. Jamal, 2021. Microplastics in freshwater
725 ecosystems: a recent review of occurrence, analysis, potential impacts, and research
726 needs. *Environmental Science and Pollution Research Environmental Science and
727 Pollution Research* 28: 1341–1356.

728 Schilling, M. A., & E. Green, 2011. Recombinant search and breakthrough idea
729 generation: An analysis of high impact papers in the social sciences. *Research
730 Policy* 40: 1321–1331.

731 Schmidt, L. K., M. Bochow, H. K. Imhof, & S. E. Oswald, 2018. Multi-temporal surveys
732 for microplastic particles enabled by a novel and fast application of SWIR imaging
733 spectroscopy – Study of an urban watercourse traversing the city of Berlin,
734 Germany. *Environmental Pollution Elsevier Ltd* 239: 579–589,
735 <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.03.097>.

736 Scircle, A., J. V. Cizdziel, L. Tisinger, T. Anumol, & D. Robey, 2020. Occurrence of

737 microplastic pollution at oyster reefs and other coastal sites in the Mississippi
738 sound, USA: Impacts of freshwater inflows from flooding. *Toxics* 8:.

739 Setälä, O., V. Fleming-lehtinen, & M. Lehtiniemi, 2014. Ingestion and transfer of
740 microplastics in the planktonic food web. *Environmental Pollution Elsevier Ltd*
741 185: 77–83, <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2013.10.013>.

742 Syed, S., M. Borit, & M. Spruit, 2018. Narrow lenses for capturing the complexity of
743 fisheries: A topic analysis of fisheries science from 1990 to 2016. *Fish and Fisheries*
744 19: 643–661.

745 Tekman, M. B., T. Krumpfen, & M. Bergmann, 2017. Marine litter on deep Arctic seafloor
746 continues to increase and spreads to the North at the HAUSGARTEN observatory.
747 *Deep-Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers Elsevier* 120: 88–99,
748 <http://dx.doi.org/10.1016/j.dsr.2016.12.011>.

749 Teuten, E. L., J. M. Saquing, D. R. U. Knappe, M. A. Barlaz, S. Jonsson, A. Björn, S. J.
750 Rowland, R. C. Thompson, T. S. Galloway, R. Yamashita, D. Ochi, Y. Watanuki,
751 C. Moore, P. H. Viet, T. S. Tana, M. Prudente, R. Boonyatumanond, M. P. Zakaria,
752 K. Akkhavong, Y. Ogata, H. Hirai, S. Iwasa, K. Mizukawa, Y. Hagino, A. Imamura,
753 M. Saha, & H. Takada, 2009. Transport and release of chemicals from plastics to
754 the environment and to wildlife. *Philosophical Transactions of the Royal Society*
755 *B: Biological Sciences* 364: 2027–2045.

756 Thompson, R. C., Y. Olson, R. P. Mitchell, A. Davis, S. J. Rowland, A. W. G. John, D.
757 McGonigle, & A. E. Russell, 2004. Lost at Sea: Where Is All the Plastic?. *Science*
758 304: 838.

759 Uzzi, B., S. Mukherjee, M. Stringer, & B. Jones, 2013. Atypical combinations and
760 scientific impact. *Science* 342: 468–472.

761 Wang, Y., U. Naumann, S. T. Wright, & D. I. Warton, 2012. Mvabund- an R package for
762 model-based analysis of multivariate abundance data. *Methods in Ecology and*
763 *Evolution* 3: 471–474.

764 Wen, B., J. H. Liu, Y. Zhang, H. R. Zhang, J. Z. Gao, & Z. Z. Chen, 2020. Community
765 structure and functional diversity of the plastisphere in aquaculture waters: Does
766 plastic color matter?. *Science of the Total Environment Elsevier B.V.* 740: 140082,
767 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140082>.

768 Westgate, M. J., P. S. Barton, J. C. Pierson, & D. B. Lindenmayer, 2015. Text analysis
769 tools for identification of emerging topics and research gaps in conservation
770 science. *Conservation Biology* 29: 1606–1614.

771 Westgate, M. J., & D. B. Lindenmayer, 2017. The difficulties of systematic reviews.
772 *Conservation Biology* 31: 1002–1007.

773 Winkler, A., A. Nesi, D. Antonioli, M. Laus, N. Santo, M. Parolini, & P. Tremolada,
774 2020. Occurrence of microplastics in pellets from the common kingfisher (*Alcedo*
775 *atthis*) along the Ticino River, North Italy. *Environmental Science and Pollution*
776 *Research Environmental Science and Pollution Research* 27: 41731–41739.

777 Wright, S. L., D. Rowe, R. C. Thompson, & T. S. Galloway, 2013. Microplastic ingestion
778 decreases energy reserves in marine worms. *Current Biology Elsevier* 23: R1031–
779 R1033, <http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2013.10.068>.

780 Zhou, H., L. Zhou, & K. Ma, 2020. Microfiber from textile dyeing and printing
781 wastewater of a typical industrial park in China: Occurrence, removal and release.
782 *Science of the Total Environment Elsevier B.V.* 739: 140329,
783 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140329>.

784 Zuo, L. Z., H. X. Li, L. Lin, Y. X. Sun, Z. H. Diao, S. Liu, Z. Y. Zhang, & X. R. Xu,
785 2019. Sorption and desorption of phenanthrene on biodegradable poly(butylene
786 adipate co-terephthalate) microplastics. *Chemosphere Elsevier Ltd* 215: 25–32,

787
788
789

<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.09.173>.

790 **Tabela 1:** Tópicos descobertos a partir de 1.672 artigos de pesquisa sobre microplásticos
 791 em ambientes aquáticos, publicados durante o período de 2009 a 2020 e identificados a
 792 partir Alocação de Dirichlet Latente (LDA).
 793

Número do tópico	Nome do tópico	Principais palavras do tópico
1	Comportamento de invertebrados	Polystyren, larva, feed, rate, fibr, zebrafish, bahavior, polystyren_microplast, develop, shrimp, behaviour, stage, size_rang, freshwat_ecosystem, metabol, aquat_organ, egest, adult, invertebr, function.
2	Caracterização em águas continentais	microplast_pollut, surfac_water, lake, microplast_concentr, sediment_sampl, water_sampl, microplast_contamin, water_column, polym_type, column, freshwat_environ, polyethylen_terephthal, station, concentr_rang, surfac_sediment, freshwat_system, depth, research, occur, microplast_sediment
3	Ensaio ecotoxicológicos	activ, expos, oxid_stress, oxid, stress, digest, clam, respons, gill, environment_relev, temperatur, decreas, gene, significantli, intestin, juvenil, bivalv, microplast_exposur, energi, control
4	Transferência trófica	Fish, microplasti_ingest, food, coral, ingest_microplast, trophic, transfer, reef, fish_especi, content, gastrointestn_tract, digest_tract, stomch, bioaccumul, coral_reef, trofic_transfer, trophic_level, retent, tract, pelag.
5	Experimentos de sorção	Adsorpt, sorption, chemic, aquat_environ, Interact, particl_size, organ_pollut, natur, addit, condit, mechan, fator, virgin, influenc, polyvinyl_chlorid, aromat_hydrocarbon, polycycl_aronat, polycycl_aronat_hydrocarbon, capac, polypropylen.
6	Caracterização em rios urbanos	River, item, microplast_pollut, sourc, urban, microplast_abund, china, season, pearl_river, stream, individu, pearl, hong_kong, characterist, china_microplast, posit_correl, load, river_estuari, spatial_distribut, averag_abund
7	Avaliação de risco para consumo humano	Mussel, marin_organ, marin_environ, tissu, uptak, risk, gulf, risk_assess, human, nano, phthalat, mussel_mytilu, marin_ecosystem, human_health, filter_feed, farm, wild, seafood, marin_pollut, persian_gulf
8	Colonização de biofilme	Biofilm, fourier_transform, transform_infrar, commun, fourier_transform_infrar, infrar_spectroscopi, degrad, bacteri, polym_type, transform_infrar_spectroscopi, microbi, ftir, total, substrato, aquat_ecosystem, microbi_commun, bacteri_commun, microparticl, assemblag, biodegrad

9	Toxicidade e resposta fisiológica	Toxic, growth, magna, microalga, daphnia_magna, daphnia, combin, cell, bead, copepod, test, reproduct, alga, popul, surviv, polyethylen_microplast, polystyren_microplast, acid, leachat, marin_ecosystem
10	Ocorrência em ambiente marinho	Beach, ocean, pellet, microfib, transport, deep, aggreg, pacif, synthet, region, sandi_beach, marin_environ, north, arctic, beach_sediment, global, atlant, current, anthropogen, estim
11	Monitoramento	microplast_particl, coastal, zooplankton, seawat, coast marin_microplast, marin_environ, coastal_water, habitat, composit, monitor, averag, salt, benthic, lagoon, sampl_collect, yellow, marin_pollut, chemic_composit, locat
12	Protocolos para análises	Method, extract, detect, analysi, digest, protocol, marin_sediment, separ, spectroscopi, densiti_separ, mass, trawl, filter, base, determin, materi, sand, environment_sampl, mass_spectrometri, techniqu
13	Poluição marinha	Debri, litter, marin_debri, oyster, marin_litter, nanoplast, mediterranean, marin_environ, micro, island, debri_microplast, marin_debri_microplast, size_class, float, microplast_debri, mesoplast, suspend, macroplast, cultur, macro
14	Estudos em E.T.A	Wastewat, metal, treatment, remov, treatment_plant, wastewat_treatment, microbead, heavi_metal, wwtp, wastewat_treatment_plant, efluente, heavi, aquat_environ, plant, process, product, releas, wast, sewage, textil
15	Acúmulo em trechos baixos de bacias	Fiber, accumul, densiti, estuari, system, sink, microplast_particl, mangrov, microplast_contamin, shape, bodi, Weather, baltic, crab, veloc, water_column, water_bodi, estuarin, emiss, microplast_accumul

795 **Legendas das figuras**

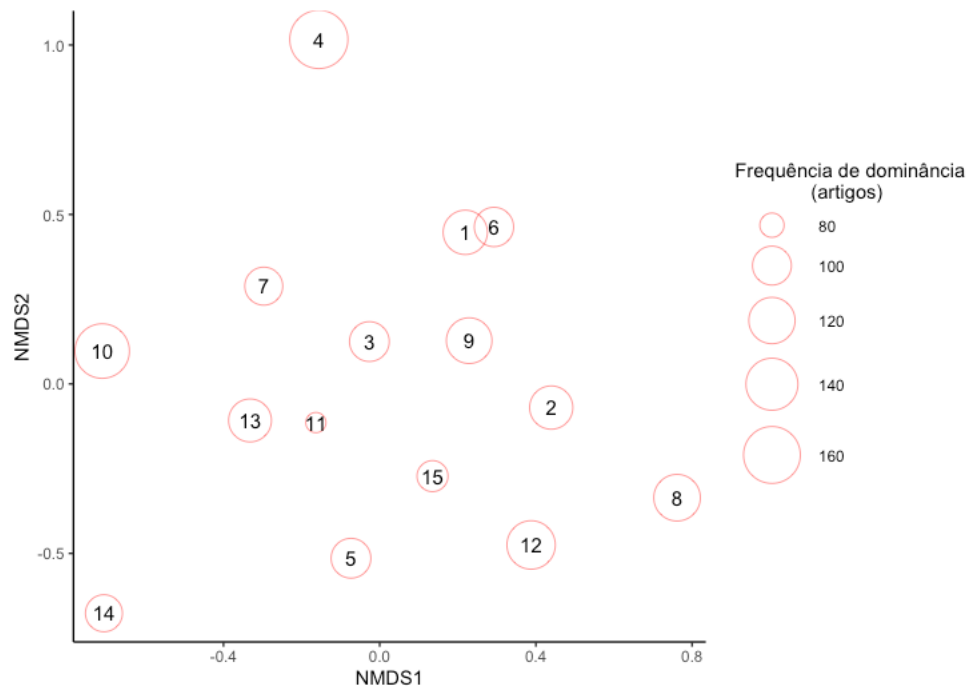
796

797 **Figura 1:** Representação bidimensional (via escalonamento multidimensional não
798 métrico, nMDS) das distâncias dos tópicos com base na similaridade de distribuição das
799 palavras. O tamanho dos círculos indica o número de artigos em que um determinado
800 tópico foi dominante.

801 **Figura 2:** Mudança na prevalência da literatura ao longo do período de 2009 a 2020 para
802 cada um dos 15 tópicos descobertos. (A) Cada ponto representa a mudança de prevalência
803 média ao longo do período de estudo; as barras representam os erros padrão. (B)
804 Acompanhamento das mudanças temporais na prevalência dos tópicos classificados
805 como quentes, neutros e frios.

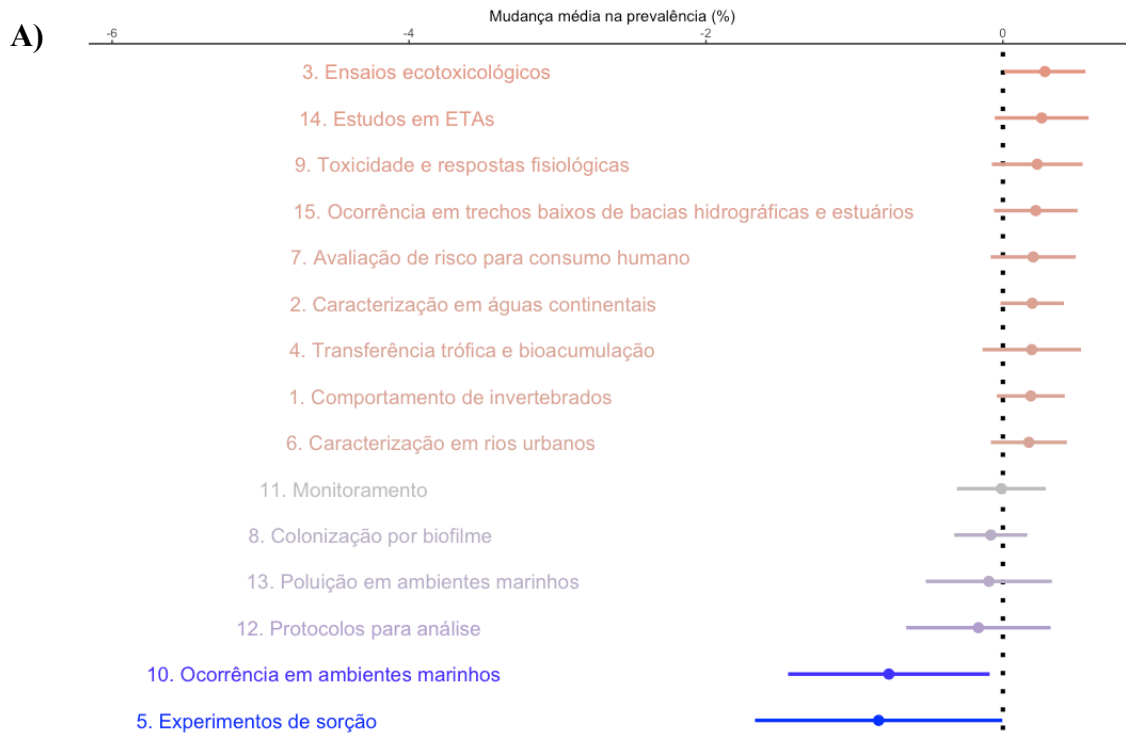
806

807

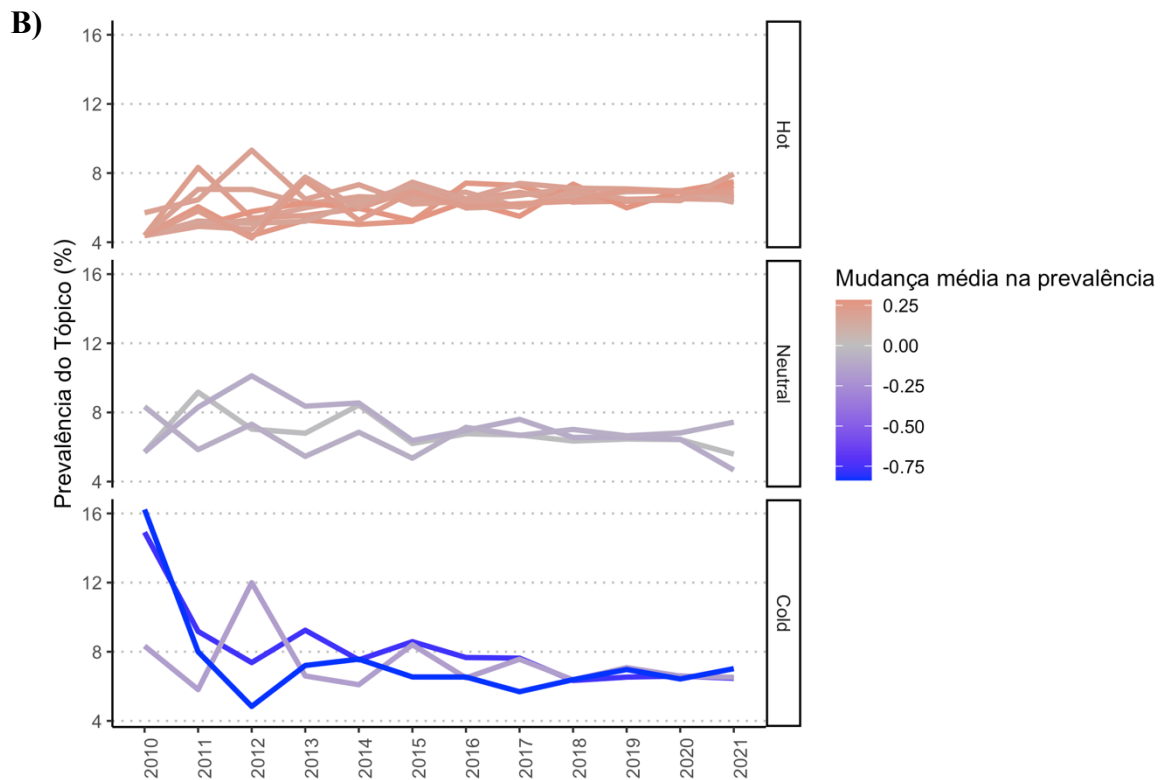


808
809
810
811

Figura 1.



812
813
814
815



816
817
818

Figura 2.

819 *Material Suplementar*

820

821 **Tabela S1:** Tópicos descobertos a partir de 1.682 artigos de pesquisa sobre microplásticos em ambientes aquáticos, publicados durante o período
822 2009 a 2020 e identificados a partir de Alocação de Dirichlet Latente (LDA). Cada tópico exibe as 70 palavras com maior probabilidade de
823 ocorrência. Os tópicos receberam o nome que melhor descrevia a semântica das principais palavras que o compõem.

824

825

Número do tópico	Nome do tópico	Palavras principais do tópico
1	Comportamento de invertebrados	Polystyren, larva, feed, rate, fibr, zebrafish, bahavior, polystyren_microplast, develop, shrimp, behaviour, stage, size_rang, freshwat_ecosysten, metabol, aquat_organ, egest, adult, invertebr, function, microspher, swim, embryo, microfibra, life, poorli_understood, ingest_microplast, larval, studi_investig, life_stage, danio_rerio, emerg, select, fluoresc, shell, crab, anim, cycl, wide_rang, microplast_fibr, potenti_threat, life_cycl, fish_larva, european, zebrafish_danio, microplast_fragment, zebrafish_danio_rerio, polystyren_particl, polyethylen_microplast, remain_poorli, marin_anim, environment_microplast, polystyren_microspher, irregularli_shape, aquat_anim, signific_reduct, feed_rate, realist_concentr, residu, microplast_uptak, alter, benthic_invertebr, freshwat_organ, ingest_rate, remain_poorli_understood, relat_gene, rerio, environment_concentr, select_feed, marin_environ_microplast
2	Caracterização em águas continentais	microplast_pollut, surfac_water, lake, microplast_concentr, sediment_sampl, water_sampl, microplast_contamin, water_column, polym_type, column, freshwat_environ, polyethylen_terephthal, station, concentr_rang, surfac_sediment, freshwat_system, depth, research, occur, microplast_sediment, microplast_abund, freshwat_microplast result_demonstr, abund_distribut, total_microplast, vertic, mesh_size, drink_water, surfac_water_sampl, spatial_distribut, vertic_distribut,

		<p>investig_microplast, size_distribut, averag_microplast, pollut_level, water_microplast, domin, sampl_station, sediment_surfac, microplast_type, current_studi, report, microplast_surfac, polypropylen_polyethylen, raman_spectroscopi, ftir_analysi, common_polym, water_sediment, polym_composit, freshwat_lake, synthet_polym, microplast_rang, meso, line, surfac_sampl, microplast_sampl, lake_sediment, microplast_level, índia, polyethylen_polypropylen, sampl_collect, abund_microplast, particl_type, manta_trawl, microplast_concentr_rang, qualiti, review, West, microplast_vari, lake_microplast.</p>
3	Ensaaios ecotoxicológicos	<p>activ, expos, oxid_stress, oxid, stress, digest, clam, respons, gill, environment_relev, temperatur, decreas, gene, significantli, intestin, juvenil, bivalv, microplast_exposur, energi, control, liver, relev_concentr, immun, environment_relev_concentr, adsorb, aquat_organ, digest_gland, damag, mixtur, size_depend, lipid_peroxid, induc, biomark, gene_express, short_term, term_exposur, environment_pollut, superoxid_dismutas, express, oxid_damag, enzym, depend, term, stressor, gland, antioxid, polystyren_microbead, product, neurotox, biochem, enzym_activ, elev, microplast_induc, relat, depend_manner, rais_concern, immun_system, antioxid_enzym, microplast_oxid, signific_increas, relev, glutathion, muscl, stress_respons, polyethylen_ldpe, densiti_polyethylen_ldpe, vector, dose, alter, perform</p>
4	Transferência trófica	<p>Fish, microplasti_ingest, food, coral, ingest_microplast, trophic, transfer, reef, fish_especi, content, gastrointestn_tract, digest_tract, stomch, bioaccumul, coral_reef, trofic_transfer, trophic_level, retent, tract, pelag, freshwat_fish, prei, predat, stomach_content, marin_fish, commerci,</p>

		<p>commerci_fish, food_chain, demers, fish_ingest, fish_microplast, health, marin_food, fish_sampl, retent_time, forag, human_health, pelag_fish, demers_fish, term, food_item, reef_ecosystem, length, digest, feed_habit, coral_reef_ecosystem, fish_ingest_microplast, factor_influenc, raman_spectroscopi, marin_biota, gastrointestin, microplast_trophic_transfer, artifici, particl_size, signific_differ, aquat_food, common_type, fish_collect, pristin, abund_polym, contain_microplast, captur, limit, fluoresc_microscopi, marin_invertebr, prefer, frequent, decad, domin_polym, shape_color.</p>
5	Experimentos de sorção	<p>Adsorpt, sorption, chemic, aquat_environ, Interact, particl_size, organ_pollut, natur, addit, condit, mechan, fator, virgin, influenc, polyvinyl_chlorid, aromat_hydrocarbon, polycycl_aromat, polycycl_aromat_hydrocarbon, capac, polypropylen, persist_organ, organ_contamin, desorpt, persist_organ_pollut, seawat, leach, hydrophob, organ_matter, adsorpt_capac, hydrophob_organ, compound, sorption_capac, polychlorin_biphenyl, microplast_polyethylen, hydrocarbon, environment_factor, partit, organ_compound, microplast_microplast, carbono, predict, emerg_contamin, irradi, fluid, natur_sediment, aromat, organ_chemic, dissolv_organ, polycycl, matter, environment_risk, solut, field, sorb, fresh_water, polyethylen_terephthal, organ_carbon, kinet, dissolv, light, virgin_microplast, dissolv_organ_matter, vector, diffus, ecolog_risk, marin_water, particl_microplast, bioavail, coeffici, aquat_biota.</p>
6	Caracterização em rios urbanos	<p>River, item, microplast_pollut, sourc, urban, microplast_abund, china, season, pearl_river, stream, individu, pearl, hong_kong, caracterist, china_microplast, posit_correl, load, river_estuari, spatial_distribut,</p>

averag_abund, river_sediment, hong, kong, urban_river, river_basin, studi_investig, land_base, item_individu, distribut_pattern, basin, pattern, water_sediment, base_sourc, shape_color, human_activ, pearl_river_estuari, citi, watersh, raini_season, water_qualiti, inland, aquacultur, variat, main, signific_differ, freshwat_ecosystem, studi_reveal
river_system, spatio_tempor, river_microplast, runoff, abund_type, potenti_sourc, microplast_load, tempor_distribut, land_base_sourc, microplast_distribut, emerg_pollut, abund_rang, tempor, tempor_variat, river_water, distribut_characterist, catchment, event, qualiti, matric, sampl_locat, microplast_collect, china_microplast_pollut.

7 Avaliação de risco
 para consumo
 humano

Mussel, marin_organ, marin_environ, tissu, uptak, risk, gulf, risk_assess, human, nano, phthalat, mussel_mytilu, marin_ecosystem, human_health, filter_feed, farm, wild, seafood, marin_pollut, persian_gulf, mytilu_eduli, plankton, pollut_microplast, mytilu, signific_differ, filter_feeder, potenti_risk, consumpt, marin_speci, marin_pollut_microplast, elemento, blue_mussel, mussel_mytilu_eduli, biolog, microplast_mussel, edibl, environment_risk, mytilu_galloprovinciali, eduli, potenti_toxic, human_consumpt, depur, anim, microplast_contamin, marin_biota, food_safeti, soft_tissu, blue_mussel_mytilu
increas_concern, microplast_content, transloc, shellfish, consum, elimin, preliminar_studi, indic, mussel_mytilu_galloprovinciali, amount, food_chain, result_reveal, grow_concern, dynam, ecolog_risk, marin_life, emerg_threat, microplast_mytilu, feeder, contain, increas_microplast, accumul.

8	Colonização de biofilme	<p>Biofilm, fourier_transform, transform_infrar, commun, fourier_transform_infrar, infrar_spectroscopi, degrad, bacteri, polym_type, transform_infrar_spectroscopi, microbi, ftir, total, substrato, aquat_ecosystem, microbi_commun, bacteri_commun, microparticl, assemblag, biodegrad, color, scan_electron, electron_microscopi, properti, densiti_polyethylen, attenu_total, attenu_total_reflect, total_reflect, bacteri_assemblag, micro_fourier, salin, structur, scan_electron_microscopi, week, polyethylen_terephthal, colon, divers, function, paint, bactéria, resist, surround_water, freshwat_sediment, micro_fourier_transform, pathogen, spectroscopi_ftir, biofilm_format, total_reflect_fourier, reflect_fourier, exposur_time, infrar_spectroscopi_ftir, reflect_fourier_transform, global_concern, ftir_spectroscopi, ecolog, commun_composit, incub, micro_ftir, studi_microplast, infrar_ftir, potenti_pathogen, transform_infrar_ftir, chang, microplast_polym, rna_gene, freshwat_environ, ftir_analysi, throughput_sequenc, surround_environ, format.</p>
9	Toxicidade e resposta fisiológica	<p>Toxic, growth, magna, microalga, daphnia_magna, daphnia, combin, cell, bead, copepod, test, reproduct, alga, popul, surviv, polyethylen_microplast, polystyren_microplast, acid, leachat, marin_ecosystem, acut, growth_rate, acut_toxic, reduc, gener, aquat_organ, primari, secundari, chronic, chlorophyl, phytoplankton, algal, combin_toxic, secundari_microplast, life_histori, oxygen_speci, reactiv_oxygen, reactiv_oxygen_speci, marin_copepod, mixtur, significantli_reduc, growth_inhibit, speci_specif, dose_depend, aquat_ecosystem, chronic_toxic, lead, diet, sensit, chronic_exposur, inhibit, Lipid, potenti_impact, algal_cell, mortal, biomass,</p>

		<p>result_highlight, natur_particl, microalga_microplast, molecular, microplast_bead, microplast_exposur, significantli_decreas, length, signific_decreas, microplast_toxic, toxic_test, polystyren, size_microplast, polystyren_bead.</p>
10	Ocorrência em ambiente marinho	<p>Beach, ocean, pellet, microfib, transport, deep, aggreg, pacif, synthet, region, sandi_beach, marin_environ, north, arctic, beach_sediment, global, atlant, current, anthropogen, estim, float, pacif_ocean, zone, atlant_ocean, spatial, float_microplast, layer, sandi, subtrop_gyre, simul, marin_ecosystem, north_atlant, water_column, north_pacif, compart, tidal, resin, ocean_current, ocean_surfac, global_ocean, buoyant, microplast_pellet, north_east_atlant, variabl, marin_food, tropic, ocean_microplast, polyest, subtrop, indian_ocean, world'_ocean, buoyant_microplast, environment_compart, coastal_region, synthet_polym, surfac_microplast, gyre, seafloor, flux, particl_ingest, input, abund_size, local, countri, food_chain, result_reveal, result_provid, object, enter, semi.</p>
11	Monitoramento	<p>microplast_particl, coastal, zooplankton, seawat, coast, marin_microplast, marin_environ, coastal_water, habitat, composit, monitor, averag, salt, benthic, lagoon, sampl_collect, yellow, marin_pollut, chemic_composit, locat, coastal_environ, protect, piec, marin_strategi, surfac_seawat, trap, coastal_sediment, strategi_framework, marin_habitat, marin_strategi_framework, strategi_framework_direct, framework_direct, environ_microplast, bottom, sediment_core, averag_concentr, bottom_sediment,</p>

		seawat_sampl, core, result_highlight, human_activ, studi_report, offshor, wind, east, microplast_pollut, coastal_pollut, microplast_monitor, benthic_organ, physic, polyethylen_terephthal, semi_enclos, marin_biota, suspens, summer, increas_attent, assess_microplast, anthropogen_activ, microplast_marin, receiv_increas, framework_direct_msfd, account, ecolog_risk, coastal_zone, common_polym, biofoul, analys, field, green, sampl_method
12	Protocolos para análises	Method, extract, detect, analysi, digest, protocol, marin_sediment, separ, spectroscopi, densiti_separ, mass, trawl, filter, base, determin, materi, sand, environment_sampl, mass_spectrometri, techniqu, raman, imag, quantif, raman_spectroscopi, nile, measur, sediment_microplast, polyethylen_terephthal Identif, filtrat, polyethylen_polypropylen, extract_microplast, manta_trawl, organ_matter, optim, quantifi_microplast, reflect, pump, manta, recoveri, methodologi, isol, polyvinyl_chlorid, biota, effici, optic, cellulose, microplast_extract, digest_method, volum, solut, quantit., microscopi, infrar, quantit_analysi, visual, survei, microplast_research, identifi_microplast, separ_microplast, chromatographi_mass_spectrometri, recycl, recoveri_rate, sampl_prepar, chromatographi_mass, microplast_quantif, quantiti, environment_concern, sampl_microplast, digest_protocol.
13	Poluição marinha	Debri, litter, marin_debri, oyster, marin_litter, nanoplast, mediterranean, marin_environ, micro, island, debri_microplast, marin_debri_microplast, size_class, float, microplast_debri, mesoplast, suspend, macroplast, cultur, macro,previou_studi, black, character, microplast_concentr, blue, period, marin_litter_microplast, western, litter_microplast, neuston,

Eastern, expand_polystyren, continent_shelf, remot, bioindic, compon, marin_protect, microplast_nanoplast, oyster_crassostrea, shelf, western_mediterranean, month, weight, class, marin_life, crassostrea_giga, pacif_oyster, film, debri_marin, channel, grain, record, origin, mesoplast_microplast, grain_size, fish_activ, fraction, environment_issu, macro_meso, oyster_crassostrea_giga, form, wast_manag, microplast_size, ftir_spectroscopi, quantiti, mesh, spatial_distribut, potenti_sourc, anthropogen_activ, produc

14

Estudos em E.T.A

Wastewat, metal, treatment, remov, treatment_plant, wastewat_treatment, microbead, heavi_metal, wwtp, wastewat_treatment_plant, efluente, heavi, aquat_environ, plant, process, product, releas, wast, sewage, têxtil, trace, plant_wwtp, treatment_plant_wwtp, discharg, trace_metal, effici, industri, influente, sewage_treatment, remov_effici, person_care, water_treatment, treatment_process, treat, municip_wastewat, care_product, sewage_treatment_plant, person_care_product, wastewat_effluent, remov_rate, polyethylen_microbead, microplast_remov, municip_wastewat_treatment, metal_microplast, primari_microplast, cosmet_product, water_treatment_plant, marin_system, effluent_discharg, pathwai, microbead_microplast, natur_water, sphere, common, municip, polyvinyl_chlorid, analysi_reveal, domin_shape, metal_concentr, treatment_plant_effluent, particl_concentr, cosmet, characteris, environment_pollut, grain_size, downstream, person, africa, role, aquat_system

15	Acúmulo em trechos baixos de bacias	<p>Fiber, accumul, densiti, estuari, system, sink, microplast_particl, mangrov, microplast_contamin, shape, bodi, Weather, baltic, crab, veloc, water_column, water_bodi, estuarin, emiss, microplast_accumul, flow, aquat_system, densiti_polyethylen, reservoir, intertid, land, microplast_fiber, scale, popul_densiti, settl, microplast_distribut, deposit, africa, dispers, microplast_densiti, wash, colour, filamento, experi, aquat_ecosystem, resid_time, studi_highlight, human_popul, shorelin, evalu, natur_environ, manag, size_rang, synthet_fiber, predict, estuari_microplast, pollut_microplast, rise, microplast_transport, macroplast, lower, clean, water_surfac, sampl_method, suspend_microplast, particl_shape, biofoul, typic, polar, futur_studi, evid, flame_retard, similar, tempor_variabl.</p>
----	-------------------------------------	--
