

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA NEOPLASIA EM CETÁCEOS: UM REFLEXO DA POLUIÇÃO AMBIENTAL

HERTT, Ana.
CASADO, Maria.
KROLIKOWSKI, Giovani.

RESUMO

Os cetáceos, incluindo baleias, golfinhos e botos, têm apresentado um aumento preocupante na incidência de neoplasias, o que levanta questões sobre a influência da poluição marinha na saúde desses animais. Esta revisão bibliográfica investiga a relação entre a exposição a contaminantes ambientais — como metais pesados, poluentes orgânicos persistentes (POPs) e microplásticos — e o desenvolvimento de tumores em cetáceos.

Através da análise de estudos científicos e reportagens jornalísticas, observa-se que a bioacumulação dessas substâncias tóxicas compromete o sistema imunológico dos cetáceos, favorecendo a carcinogênese por meio de mecanismos como estresse oxidativo, danos ao DNA e disfunções endócrinas. Casos documentados em diferentes regiões do mundo, especialmente em populações expostas a altos níveis de poluentes, reforçam a importância dessa relação.

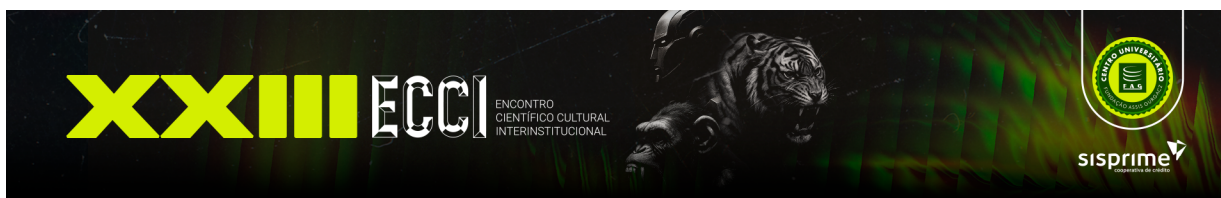
Compreender os efeitos da poluição ambiental sobre a saúde dos cetáceos é fundamental para orientar políticas públicas e estratégias de conservação marinha, visando preservar a biodiversidade e a integridade dos ecossistemas oceânicos.

PALAVRAS-CHAVE: Cetáceos; Neoplasias; Poluição Marinha; Bioacumulação; Contaminantes Ambientais.

1. INTRODUÇÃO

Os cetáceos — incluindo baleias, golfinhos e botos — são espécies emblemáticas e fundamentais para a manutenção do equilíbrio dos ecossistemas marinhos. Como predadores de topo da cadeia alimentar, eles desempenham papel crucial no controle populacional de diversas espécies marinhas e na saúde geral dos oceanos. Além disso, devido à sua longevidade, comportamento migratório e posição trófica elevada, esses animais são reconhecidos como indicadores sensíveis da qualidade ambiental dos ecossistemas marinhos.

Nas últimas décadas, o aumento exponencial da poluição marinha tem levantado preocupações significativas em relação à saúde dos cetáceos. Contaminantes como metais pesados (mercúrio, chumbo, cádmio), poluentes orgânicos persistentes (POPs), hidrocarbonetos aromáticos



policíclicos (PAHs) e microplásticos estão presentes em concentrações crescentes nos oceanos, resultado das atividades humanas, como indústria, agricultura, descarte inadequado de resíduos e emissões atmosféricas.

Estudos científicos e relatos jornalísticos indicam que esses contaminantes são bioacumulados e biomagnificados nos tecidos dos cetáceos, ocasionando efeitos tóxicos sistêmicos que comprometem desde a função imunológica até a integridade celular. Entre as consequências mais graves, destaca-se o surgimento de neoplasias (tumores benignos e malignos), que têm sido observadas com maior frequência em populações de cetáceos expostas a ambientes poluídos.

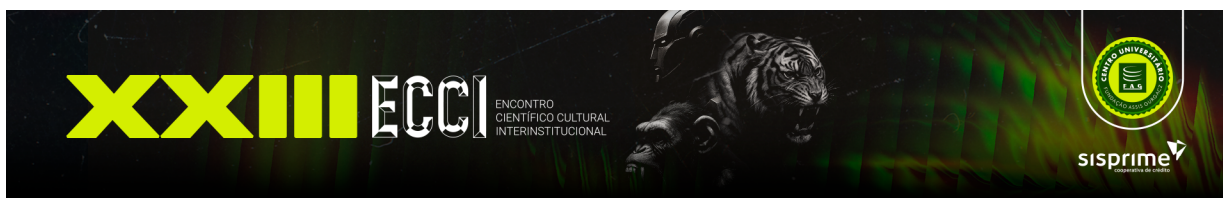
Este cenário preocupante torna-se ainda mais relevante à luz da conservação das espécies, muitas das quais já enfrentam ameaças adicionais, como a caça predatória, destruição de habitat e mudanças climáticas. Assim, compreender a relação entre poluição ambiental e o desenvolvimento de neoplasias em cetáceos é fundamental para a formulação de estratégias de proteção marinha e políticas públicas eficazes.

Esta revisão bibliográfica tem como objetivo explorar as evidências científicas e relatos disponíveis que investigam essa correlação, destacando os mecanismos de bioacumulação, os efeitos imunotóxicos e carcinogênicos dos contaminantes e os casos documentados que ilustram essa problemática emergente.

2. METODOLOGIA

Para a elaboração desta revisão, foram realizadas buscas sistemáticas em bases de dados científicas como PubMed, Scielo e Google Scholar, utilizando palavras-chave relacionadas a “neoplasias em cetáceos”, “poluição marinha”, “contaminantes ambientais”, “tumores em golfinhos” e “carcinogênese marinha”. Também foram incluídas reportagens e artigos jornalísticos que abordam casos relevantes no Brasil e no mundo. Os critérios de inclusão priorizaram publicações dos últimos 15 anos, com enfoque em estudos originais, revisões sistemáticas e dados epidemiológicos. Excluíram-se artigos sem revisão por pares e aqueles sem relevância direta ao tema. A análise foi qualitativa, integrando informações sobre os tipos de poluentes, mecanismos de ação tóxica, registros de neoplasias e iniciativas para monitoramento e mitigação dos impactos.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA



3.1. Contaminantes Marinhos e Bioacumulação

Cetáceos, como baleias, golfinhos e botos, ocupam níveis tróficos elevados na cadeia alimentar marinha, o que os torna particularmente vulneráveis à bioacumulação e biomagnificação de contaminantes ambientais. Esses animais acumulam substâncias tóxicas ao longo do tempo em seus tecidos, principalmente nos depósitos adiposos, devido à sua longa expectativa de vida e dieta baseada em presas que já contêm poluentes.

Entre os principais contaminantes encontrados em cetáceos estão os metais pesados, como mercúrio, chumbo, cádmio e arsênio, que provêm de fontes naturais e antrópicas, incluindo descarte industrial, mineração e atividades agrícolas. O mercúrio, por exemplo, transforma-se em metilmercúrio no ambiente aquático, uma forma altamente tóxica e facilmente absorvível, que se acumula progressivamente nos tecidos dos animais marinhos. Estudos brasileiros recentes, como os realizados na costa do Espírito Santo, mostram níveis preocupantes de mercúrio em baleias jubarte, indicativos da persistência e disseminação desses contaminantes no Atlântico Sul.

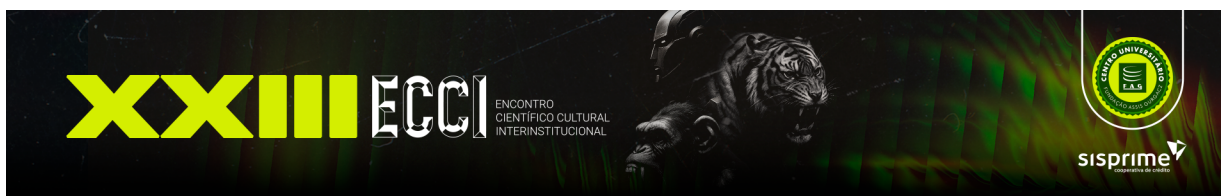
Além dos metais, os poluentes orgânicos persistentes (POPs) — como pesticidas organoclorados, bifenilos policlorados (PCBs) e dioxinas — são especialmente nocivos por sua capacidade de se dissolver em gordura e resistir à degradação ambiental. Essas substâncias chegam ao ambiente marinho por meio do escoamento agrícola, descargas industriais e deposição atmosférica. Sua alta lipofilicidade permite que se acumulem nos tecidos gordurosos dos cetáceos, chegando a concentrações milhares de vezes maiores que as encontradas na água do mar.

Microplásticos, fragmentos minúsculos de plástico derivados da degradação de materiais maiores ou liberados diretamente em ambientes aquáticos, são outra fonte emergente de poluição. Esses microplásticos não apenas são ingeridos por cetáceos diretamente, causando danos físicos, mas também adsorvem substâncias químicas tóxicas, funcionando como veículos para contaminantes como metais pesados e POPs, facilitando sua entrada na cadeia alimentar.

A presença combinada desses contaminantes resulta em uma carga tóxica acumulada, que pode provocar efeitos adversos graves na fisiologia dos cetáceos, incluindo alterações hormonais, danos celulares e comprometimento do sistema imunológico. Essa carga acumulada é uma preocupação central para a saúde dos cetáceos e um importante indicativo da qualidade ambiental dos oceanos.

3.2. Efeitos Imunotóxicos e Carcinogênicos

A exposição contínua a contaminantes ambientais, como metais pesados, poluentes orgânicos persistentes (POPs) e outros compostos químicos presentes na poluição marinha, exerce



efeitos profundos e complexos sobre o sistema imunológico dos cetáceos. Essas substâncias podem causar imunossupressão, o que reduz a capacidade dos animais de combater infecções e reparar danos celulares, criando um ambiente propício para o desenvolvimento de neoplasias.

Os metais pesados, como mercúrio, chumbo e cádmio, são reconhecidos por seu potencial mutagênico e carcinogênico. Eles induzem a produção excessiva de radicais livres, causando estresse oxidativo e danos ao DNA. Esse dano genético, quando não adequadamente reparado, pode levar a mutações que desencadeiam a transformação celular maligna. Estudos em mamíferos marinhos revelam níveis elevados de biomarcadores de estresse oxidativo em tecidos contaminados, indicando o impacto direto desses poluentes.

Os POPs, que incluem pesticidas como DDT, PCBs e dioxinas, são altamente lipofílicos, acumulando-se nos tecidos adiposos dos cetáceos devido à sua alta afinidade por gordura. Essas substâncias são conhecidas por sua capacidade de atuar como desreguladores endócrinos, interferindo nos sistemas hormonais que regulam o crescimento celular, a reprodução e a resposta imune. A disfunção endócrina associada a POPs está correlacionada a um aumento na incidência de tumores, especialmente em tecidos como fígado, pele e mama.

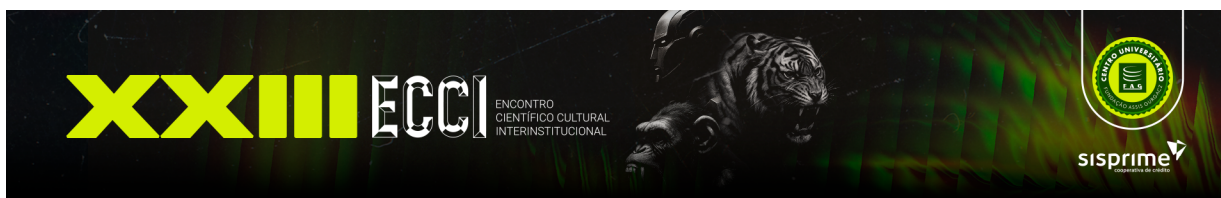
Além disso, os microplásticos atuam como vetores para a transferência de contaminantes químicos e patógenos, potencializando os efeitos tóxicos. A ingestão desses microplásticos pode desencadear processos inflamatórios crônicos, outra via que contribui para o desenvolvimento de neoplasias.

Um estudo relevante realizado em belugas do estuário do São Lourenço mostrou que a combinação de estresse imunossupressor e exposição crônica a contaminantes químicos está associada à elevada incidência de câncer gastrointestinal, reforçando o papel do ambiente contaminado como um fator etiológico direto na carcinogênese de cetáceos (Martineau et al., 2002).

Assim, a interação entre contaminantes ambientais e o sistema imunológico dos cetáceos não só compromete a capacidade de defesa contra agentes infecciosos, mas também cria um cenário favorável para mutações celulares e formação de tumores, evidenciando a urgência em mitigar a poluição marinha para preservar a saúde desses animais.

3.3. Casos Documentados e Implicações Ecológicas

Diversos estudos e registros ao redor do mundo têm evidenciado a relação entre a presença de contaminantes nos oceanos e o surgimento de neoplasias em cetáceos. Um dos casos mais emblemáticos é o das belugas (*Delphinapterus leucas*) no estuário do Rio São Lourenço, no Canadá. Nessas populações, foi constatada uma taxa alarmante de câncer gastrointestinal, incluindo



adenocarcinomas intestinais, associada à exposição crônica a hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAHs), substâncias comumente presentes em efluentes industriais despejados no rio (Martineau et al., 2002).

Outro estudo, conduzido por Newman & Smith (2006), documentou a ocorrência de tumores hepáticos e dérmicos em golfinhos-nariz-de-garrafa (*Tursiops truncatus*) na costa leste dos Estados Unidos, sugerindo correlação com a presença de pesticidas organoclorados e PCBs (bifenilos policlorados) encontrados em seus tecidos.

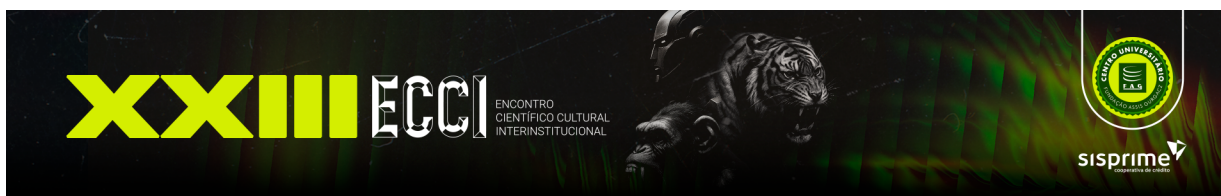
Além dos relatos científicos, reportagens como a da BBC Brasil (2022) e do El País Brasil (2020) alertam para os níveis preocupantes de químicos derivados de plásticos em baleias do Atlântico. Substâncias como ftalatos e bisfenol A, presentes em microplásticos ingeridos por esses animais, possuem propriedades desreguladoras endócrinas e carcinogênicas. A ingestão desses plásticos pode ocorrer de forma direta (confundidos com presas) ou indireta (através da cadeia alimentar).

No Brasil, uma pesquisa recente do Instituto Baleia Jubarte e da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) detectou metais pesados como mercúrio, chumbo e cádmio no fígado e gordura de baleias jubarte encalhadas na costa brasileira. Esses elementos possuem capacidade mutagênica e citotóxica, contribuindo potencialmente para processos neoplásicos.

As implicações ecológicas são profundas. A presença de tumores e doenças crônicas em cetáceos pode comprometer suas funções vitais, como a reprodução, a navegação e o comportamento social. A longo prazo, isso representa uma ameaça à viabilidade populacional dessas espécies, muitas das quais já se encontram ameaçadas de extinção. Além disso, como predadores de topo, cetáceos funcionam como sentinelas da saúde marinha — suas doenças refletem desequilíbrios que podem afetar todo o ecossistema oceânico, incluindo espécies comerciais importantes para a pesca e, indiretamente, a saúde humana.

3.4. Aspectos regulamentares e políticas ambientais

A proteção dos ambientes marinhos e das espécies que nele habitam, como os cetáceos, depende fortemente do desenvolvimento e implementação de políticas ambientais eficazes. Diversas convenções internacionais, como a Convenção sobre a Conservação das Espécies Migratórias de Animais Selvagens (CMS) e a Convenção de Barcelona, visam proteger os mamíferos marinhos e reduzir a poluição nos oceanos. No Brasil, a Lei nº 9.605/1998, conhecida como Lei de Crimes Ambientais, juntamente com políticas específicas para a fauna marinha, como o Plano Nacional de Conservação dos Mamíferos Aquáticos, busca regulamentar as ações que



afetam os cetáceos. Entretanto, desafios persistem, especialmente na fiscalização e na integração entre órgãos ambientais. A efetividade dessas políticas ainda é limitada pela falta de dados concretos e pela complexidade dos impactos multifatoriais da poluição, o que ressalta a necessidade de fortalecer a governança ambiental e promover acordos internacionais mais rigorosos.

3.5. Métodos de diagnósticos e técnicas de monitoramento

A detecção e o diagnóstico de neoplasias em cetáceos apresentam desafios significativos devido à dificuldade de acesso aos animais em seu habitat natural e à escassez de casos clínicos observados em vida. As necropsias de espécimes encalhados ou mortos em redes de pesca constituem a principal fonte de dados para o estudo de tumores e outros problemas de saúde nesses animais. Durante a necropsia, são coletadas amostras para exames histopatológicos, que confirmam a presença e o tipo de neoplasia por meio da análise microscópica dos tecidos.

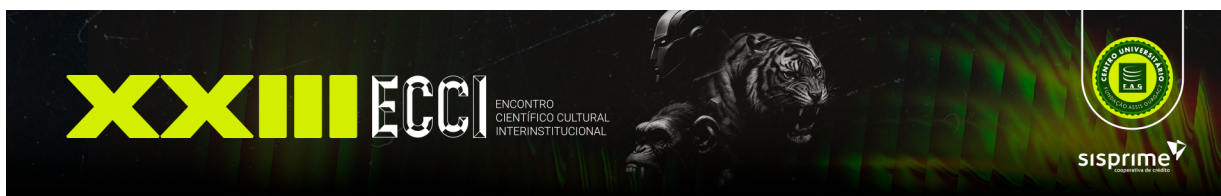
Além disso, técnicas de bioensaios moleculares e imunohistoquímicos vêm sendo empregadas para identificar marcadores específicos de células tumorais e para compreender os mecanismos moleculares envolvidos na carcinogênese. Análises químicas por espectrometria e cromatografia são usadas para quantificar os níveis de contaminantes acumulados nos tecidos, fornecendo uma correlação entre exposição química e alterações patológicas.

O monitoramento ambiental dos cetáceos também inclui a análise de tecidos coletados por métodos menos invasivos, como biopsias por dardo, que permitem obter amostras de pele e gordura para avaliar a bioacumulação de poluentes sem a necessidade de capturar ou sacrificar os animais. Ferramentas como a telemetria e o uso de drones têm sido exploradas para acompanhar o comportamento e a saúde de populações em ambiente natural. Essas técnicas combinadas possibilitam uma avaliação mais precisa da relação entre poluição e saúde dos cetáceos, contribuindo para o desenvolvimento de estratégias de conservação baseadas em evidências.

3.6. Pesquisas Futuras e Tecnologias Emergentes

Apesar dos avanços no estudo da relação entre poluição ambiental e neoplasias em cetáceos, ainda existem diversas lacunas no conhecimento que demandam pesquisas adicionais. Uma das principais áreas que necessita de aprofundamento é o entendimento dos mecanismos moleculares específicos pelos quais os contaminantes atuam na carcinogênese, incluindo a interação entre diferentes tipos de poluentes e fatores genéticos individuais.

Novas tecnologias, como a análise genômica e transcriptômica, vêm sendo aplicadas para identificar biomarcadores precoces de exposição e de danos celulares, o que pode permitir diagnósticos mais rápidos e precisos, além de possibilitar a avaliação da suscetibilidade individual



dos cetáceos aos contaminantes. Além disso, avanços em métodos não invasivos, como a coleta de amostras ambientais (eDNA) e o uso de drones para monitoramento comportamental e de saúde, prometem melhorar o acompanhamento das populações em seu habitat natural sem causar estresse aos animais.

Por fim, o desenvolvimento de modelos computacionais integrados que combinam dados ambientais, biológicos e químicos pode auxiliar na previsão de riscos e na formulação de estratégias de mitigação mais eficazes. Investir nessas áreas tecnológicas e científicas é fundamental para aprimorar a conservação dos cetáceos e a gestão dos ecossistemas marinhos em face dos crescentes impactos antropogênicos.

3.7. Estratégias de Mitigação e Conservação

A mitigação dos efeitos da poluição marinha sobre os cetáceos requer uma abordagem integrada que combine ações locais, regionais e globais. Entre as estratégias mais eficazes estão a redução do uso e descarte inadequado de plásticos, a regulamentação mais rígida da emissão de poluentes industriais e agrícolas, além da promoção de práticas sustentáveis de pesca que minimizem os impactos ao ambiente marinho.

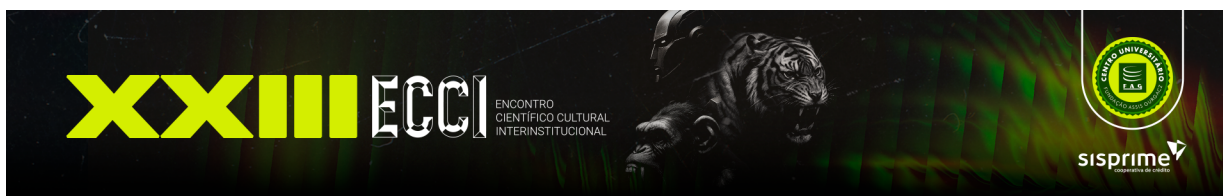
Projetos de limpeza costeira e de remoção de resíduos plásticos nos oceanos têm ganhado destaque, buscando diminuir a quantidade de microplásticos que entram na cadeia alimentar marinha. Paralelamente, iniciativas de educação ambiental voltadas para a conscientização pública e para a capacitação de comunidades pesqueiras são essenciais para o engajamento social.

No âmbito da conservação dos cetáceos, a criação de áreas marinhas protegidas e corredores migratórios com monitoramento constante pode garantir habitats mais seguros e menos expostos a fontes de poluição. O desenvolvimento de redes de vigilância ambiental, incluindo o uso de tecnologias para monitorar contaminantes e a saúde das populações, também é crucial.

Por fim, a cooperação internacional é indispensável para enfrentar a poluição marinha, que ultrapassa fronteiras nacionais, demandando esforços coordenados para preservar os cetáceos e os ecossistemas oceânicos de maneira sustentável.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As evidências reunidas ao longo desta revisão indicam uma associação consistente e preocupante entre a poluição ambiental e a ocorrência de neoplasias em cetáceos. A bioacumulação de contaminantes persistentes — como metais pesados, poluentes orgânicos e microplásticos —



afeta diretamente a fisiologia desses animais, comprometendo seu sistema imunológico, provocando desequilíbrios endócrinos e induzindo alterações celulares que favorecem a carcinogênese. Diante da vulnerabilidade dos cetáceos e do papel que desempenham como sentinelas da saúde dos ecossistemas marinhos, torna-se imprescindível intensificar os esforços científicos voltados à compreensão dos mecanismos patológicos envolvidos, bem como fortalecer políticas públicas que visem à mitigação das fontes de poluição. A conservação desses mamíferos marinhos exige uma abordagem integrada que una pesquisa, gestão ambiental e conscientização social, reconhecendo que a saúde dos cetáceos reflete, de forma crítica, a qualidade e a sustentabilidade dos oceanos que compartilhamos.

REFERÊNCIAS

1. Newman, S. J., & Smith, S. A. (2006). Marine mammal neoplasia: a review. *Veterinary Pathology*, 43(6), 865-880.
2. Poirier, M. C., et al. (2021). DNA damage in cetaceans: A mini review. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 872, 503418.
3. Martineau, D., et al. (2002). Cancer in beluga whales from the St. Lawrence Estuary, Quebec, Canada: a potential biomarker of environmental contamination. *Environmental Health Perspectives*, 110(3), 285-292.
4. Cavalcante, R. M. (2020). Contaminantes orgânicos em ambientes aquáticos. Universidade Federal do Ceará.
5. OceanCare. (2023). The Impacts of Chemical Pollutants on Cetaceans in Europe. OceanCare.
6. CHEM Trust. (2023). New Report Says Whales and Dolphins Live in a 'Toxic Soup' of Chemicals. CHEM Trust.
7. Greenpeace. (2001). A note concerning "novel pollutants" and cetaceans. Greenpeace International.
8. Fórum. (2024). Metais pesados de Mariana contaminam baleias e tartarugas anos após crime ambiental. *Revista Fórum*.
9. Folha1. (2024). Estudo mostra que metais pesados da lama de Mariana atingiram até animais marinhos. *Jornal Folha1*.
10. Bioicos. (2021). Resíduos farmacêuticos: mais uma ameaça aos oceanos. Instituto Bioicos.