

IMPACTOS DO PLÁSTICO EM ECOSSISTEMAS AQUÁTICOS NA ECOFISIOLOGIA DE CONDRICTES: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

¹Pedro Henrique Ferraz Ribeiro, ²Mariana da Fontoura Martins, ³Tábata Martins de Lima

¹Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), email: pedro.21978422@discente.uemg.br; ²Universidade Federal do Rio Grande (FURG), email: marianadafmartins@gmail.com; ³Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), email: tabata.lima@uemg.br

*Biodiversidade e Preservação
Soluções baseadas na Natureza*

Resumo

A produção e o descarte inadequado de plásticos têm contaminado ecossistemas aquáticos e vêm afetando diferentes organismos, como os Chondrichthyes (tubarões, raias e quimeras), que é um grupo que tem se destacado como vulnerável às ameaças antrópicas. Entretanto, os impactos da poluição plástica sobre esses vertebrados ainda são pouco compreendidos. Assim, este estudo buscou identificar como os plásticos interferem na sobrevivência e reprodução dos condrictes, gerando efeitos populacionais a longo prazo. Para isso, foi realizada uma revisão sistemática de artigos científicos, seguindo os Principais Itens para Relatar Revisões Sistemáticas e Meta-análises. Foram incluídos 71 artigos elegíveis para esta revisão e observou-se um aumento das publicações ao longo do tempo, com protagonismo científico de países desenvolvidos e relevante participação do Brasil. Cerca de 60% dos condrictes investigados correspondiam a espécies ameaçadas de extinção. A maioria dos estudos selecionados avaliaram a ingestão de plásticos, sendo os microplásticos (< 5 mm) frequentemente registrados. Estes também foram encontrados em outros tecidos, incluindo cápsulas ovígeras e embriões. Portanto, este trabalho reforça a interação dos condrictes com a poluição plástica - uma potencial ameaça que pode comprometer a conservação desse grupo.

Palavras-chave: Elasmobrânquio; Holocéfalo; Contaminante; Lixo; Aptidão.

Introdução

Os plásticos apresentam alta acessibilidade, baixo custo para o consumidor final e grande versatilidade (Ritchie; Samborska; Roser, 2023), podendo variar em composição e características físicas, sendo o tamanho a principal característica determinante do tipo de dispersão, facilitando a disseminação e formas de interação com a biota aquática. Entre as principais consequências dessa poluição para a vida aquática, a ingestão, o emaranhamento e a colonização dos plásticos são frequentemente documentadas na literatura. Entre as espécies expostas aos plásticos estão os condrictes. Este grupo conta com aproximadamente 1.472

espécies conhecidas viventes (Carrier *et al.*, 2022). Apresentam diferentes padrões morfológicos, hábitos alimentares e ocorrem em todos os ecossistemas aquáticos, principalmente em ambientes marinhos (Carrier *et al.*, 2022). Ademais, os condrictes são classificados como k-estrategistas o que os torna vulneráveis às ameaças antrópicas (Dulvy *et al.*, 2014). De acordo com a Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da União Internacional para a Conservação da Natureza, os elasmobrânquios (tubarões e raias) constituem o segundo grupo de vertebrados mais ameaçado do mundo, sendo estimado que cerca de 37,5% de toda diversidade encontra-se sob risco de extinção (IUCN, 2026). Cerca de 8% das espécies de quimera são consideradas ameaçadas de extinção, com a prevalência de espécies endêmicas (Finucci *et al.*, 2020), o que indica um outro potencial de vulnerabilidade deste grupo.

Diante desse contexto, há registros de interações de condrictes com os resíduos plásticos, como a ingestão (Trindade *et al.*, 2023), o emaranhamento (Afonso; Fidelis, 2023) e oviposição (Espinosa *et al.*, 2025). Logo, as consequências a longo prazo da constante poluição plástica sobre os elasmobrânquios em seus ambientes naturais precisam ser profundamente investigadas, já que pouco se sabe a respeito desse problema. Neste sentido, este trabalho buscou avaliar o panorama da contaminação por plásticos em condrictes, sob o ponto de vista da sua conservação.

Metodologia

A coleta dos artigos para esta revisão sistemática foi conduzida na Web of Science (WoS), e o recorte temporal foi definido e seguido até o dia 24 de fevereiro de 2026. Para isso, foram utilizadas cinco combinações diferentes de termos de busca englobando condrictes, seus principais grupos e plástico. Além disso, a declaração dos Principais Itens para Relatar Revisões Sistemáticas e Meta-análises (método PRISMA - Page *et al.* 2021), foi utilizado como referência para sistematização e escrita.

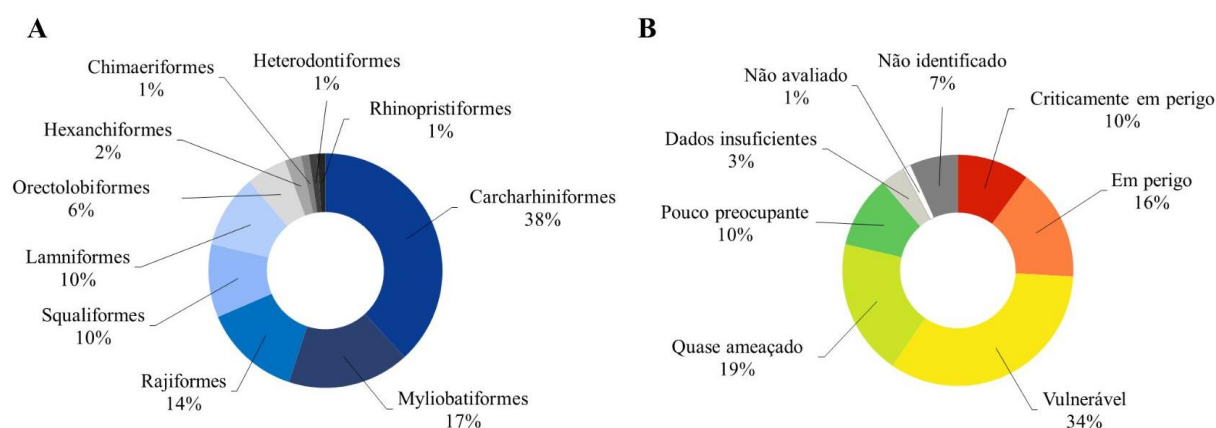
Os artigos selecionados foram compilados em uma tabela dividida em 3 categorias. A primeira categoria refere-se às informações de publicação dos artigos, como o ano em que foi publicado e país de afiliação do 1º autor. A 2ª refere-se a informações a respeito da ecologia, fisiologia e conservação das espécies estudadas. Finalmente, a 3ª categoria reúne as características dos plásticos, como seus diferentes tipos, tamanhos e interações registradas nos estudos.

Resultados e Discussão

A busca bibliográfica resultou em 445 documentos, dos quais 71 foram incluídos na revisão após a aplicação dos critérios de elegibilidade. Observou-se uma tendência de crescimento das publicações entre 1992 e 2025, com maior concentração entre 2022 e 2025, período que reuniu 60% dos estudos e pelo menos nove publicações anuais. Esse padrão reforça o crescente interesse científico nas interações entre elasmobrânquios e poluição plástica (Gong *et al.*, 2024; Parton *et al.*, 2019).

Oitenta e três espécies de condrictes foram identificadas nos estudos selecionados. Considerando os 89 táxons registrados, observou-se sua distribuição em 10 ordens taxonômicos (6 de tubarões, 3 de raias e 1 de quimera). Dentre elas, destacou-se a ordem Carcharhiniformes, que representou 38,20% dos condrictes, seguida por Myliobatiformes (16,85%) e Rajiformes (13,48%) (Fig.1 A). Carcharhiniformes é a ordem de tubarões mais diversa e com ampla distribuição, enquanto Myliobatiformes (raias com ferrão) e Rajiformes (raias emplastro sem ferrão) são consideradas as duas maiores ordens dentre os batoides (Weigmann *et al.*, 2024). Tais grupos podem ter se sobressaído em virtude dessa diversidade e ampla distribuição, o que reflete, ao menos em parte, um viés na oportunidade de amostragem dos artigos selecionados nesta revisão.

Figura 1 -- A. Porcentagem de espécies avaliadas nos artigos selecionados, a nível de ordem. B. Distribuição percentual da ocorrência de espécies de acordo com o status de conservação das espécies conforme a IUCN. O marcador “Não identificado”, refere-se aos táxons descritos apenas em nível de gênero.



Fonte: do autor.

Em relação aos status de conservação das espécies avaliadas, considerando as últimas avaliações disponíveis na IUCN (Fig.1 B), verificamos que a categoria mais frequente foi Vulnerável (34%), seguida por Quase Ameaçada (19%) e Em Perigo (16%). Sendo assim, pelo menos 60% das espécies registradas encontram-se classificadas em alguma categoria de ameaça. Nesse sentido, a predominância de espécies ameaçadas encontrada nesta revisão também está em concordância com os resultados obtidos por Gong *et al.* (2024), os quais identificaram que pelo menos 50% das 54 espécies estudadas foram categorizadas em graus de ameaça da IUCN. Tal situação reforça o cenário global de declínio dos condrictes, em que cerca de 32,6% das espécies encontram-se ameaçadas de extinção, devido a degradação do habitat, mudanças climáticas, poluição e, principalmente, a sobrepesca (Dulvy *et al.*, 2021).

No entanto, a poluição como ameaça aos condrictes ainda é pouco considerada nas fichas de avaliação da IUCN (Consales; Marsili, 2021). Esse cenário merece atenção, uma vez que estudos reportando interações entre condrictes e diferentes contaminantes têm se tornado cada vez mais frequentes (Tiktak *et al.*, 2020), como evidenciado nesta revisão para os resíduos plásticos. Desta forma, os resultados obtidos aqui contribuem com a identificação da poluição por resíduos plásticos como uma potencial ameaça ao grupo.

As interações entre condrictes e resíduos plásticos reportadas na literatura analisada foram agrupadas em cinco categorias principais: ingestão, emaranhamento, ventilação, sistema reprodutivo e outros tecidos. A categoria “ingestão” - identificada por presença de plástico no trato gastrointestinal, conteúdo fecal ou registro fotográfico - foi preponderante, correspondendo a um total de 59 artigos (83,10%).

O “emaranhamento” foi a segunda interação mais frequente, reportada em 10 estudos (14,08%). A categoria “ventilação” ocorreu em cinco estudos (7,04%) e envolveu a retenção de plásticos nas fendas branquiais. A categoria “reprodução” foi registrada em sete estudos (9,86%), compreendendo resíduos plásticos em cápsulas ovígeras, embriões e tecidos gonadais contaminados, além da utilização destes como substrato para oviposição. Registros de plásticos na pele, músculo e fígado compreenderam “outros tecidos” (4,23%).

Quanto ao tipo de plástico analisado, foi possível fazer essa categorização de tamanho em apenas 57 estudos como base na padronização do GESAMP (2019). Ao todo, 49 estudos (85,96%) reportaram a ocorrência de microplásticos interagindo com os condrictes seguidos pelos macrolásticos (36,84%) e mesoplásticos (33,33%).

Considerações Finais

Esta revisão sistemática demonstra que os impactos da poluição plástica sobre os condrites podem ocorrer por diversos mecanismos, incluindo a ingestão, o emaranhamento e a interação com diferentes tecidos. A alta prevalência de estudos avaliando a presença de microplásticos é preocupante, uma vez que estes contaminantes podem impactar diferentes níveis de organização biológica. Embora ainda sejam necessárias mais pesquisas para compreender os efeitos dessas interações ao nível de organismo e populacional, este trabalho reforça que a poluição plástica pode constituir uma ameaça aos condrites.

Referências

AFONSO, A. S.; FIDELIS, L. The fate of plastic-wearing sharks: Entanglement of an iconic top predator in marine debris. **Marine Pollution Bulletin**, [S.l.], v. 194, p. 115326, set. 2023. DOI 10.1016/j.marpolbul.2023.115326. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0025326X23007609>. Acesso em: 5 mai. 2026.

CARRIER, J. C. *et al.* **Biology of Sharks and Their Relatives**. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 2 maio 2022. DOI 10.1201/9781003262190. Disponível em: <https://www.taylorfrancis.com/books/9781003262190>. Acesso em: 7 jan. 2026.

CONSALES, G.; MARSILI, L. Assessment of the conservation status of Chondrichthyans: underestimation of the pollution threat. **The European Zoological Journal**, [S.l.], v. 88, n. 1, p. 165–180, 1 jan. 2021. DOI 10.1080/24750263.2020.1858981. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/24750263.2020.1858981>. Acesso em: 24 jun. 2026.

DULVY, N. K. *et al.* Extinction risk and conservation of the world's sharks and rays. **eLife**, [S.l.], v. 3, p. e00590, 21 jan. 2014. DOI 10.7554/eLife.00590. Disponível em: <https://elifesciences.org/articles/00590>. Acesso em: 21 jan. 2026.

DULVY, N. K. *et al.* Overfishing drives over one-third of all sharks and rays toward a global extinction crisis. **Current Biology**, [S.l.], v. 31, n. 21, p. 4773-4787.e8, nov. 2021. DOI 10.1016/j.cub.2021.08.062. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0960982221011982>. Acesso em: 22 jun. 2026.

ESPINOSA, L. D. O. S. *et al.* Interaction of elasmobranchs with litter in South Brazil: ingestion and oviposition patterns. **Marine Pollution Bulletin**, [S.l.], v. 216, p. 117992, jul. 2025. DOI 10.1016/j.marpolbul.2025.117992. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0025326X25004679>. Acesso em: 21 jun. 2026.

FINUCCI, B. *et al.* Ghosts of the deep – Biodiversity, fisheries, and extinction risk of ghost sharks. **Fish and Fisheries**, [S.l.], v. 22, n. 2, p. 391–412, mar. 2021. DOI 10.1111/faf.12526. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/faf.12526>. Acesso em: 22 jun. 2026.

GESAMP - Guidelines for the monitoring and assessment of plastic litter and microplastics in the ocean. **GESAMP**: Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine

Environmental Protection, 2019. DOI: 10.25607/OBP-435. Disponível em: <http://www.gesamp.org/publications/guidelines-for-the-monitoring-and-assessment-of-plastic-litter-in-the-ocean>. Acesso em: 7 jun. 2026.

GONG, Y. *et al.* Uncovering the global status of plastic presence in marine chondrichthyans. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, [S.l.], v. 34, n. 4, p. 1351–1369, dez. 2024. DOI 10.1007/s11160-024-09877-9. Disponível em: <https://link.springer.com/10.1007/s11160-024-09877-9>. Acesso em: 19 jun. 2026.

IUCN - International Union for Conservation of Nature's Red List of Threatened Species. 2026. Disponível em: <https://www.iucnredlist.org>. Acesso em: 20 jun. 2026.

PAGE, M. J. *et al.* The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ**, [S.l.], p. n71, 29 mar. 2021. DOI 10.1136/bmj.n71. Disponível em: <https://www.bmj.com/lookup/doi/10.1136/bmj.n71>. Acesso em 15 jan. 2026.

PARTON, K.; GALLOWAY, T.; GODLEY, B. Global review of shark and ray entanglement in anthropogenic marine debris. **Endangered Species Research**, [S.l.], v. 39, p. 173–190, 4 jul. 2019. DOI 10.3354/esr00964. Disponível em: <https://www.int-res.com/abstracts/esr/v39/p173-190/>. Acesso em 15 jun. 2026.

RITCHIE, H.; SAMBORSKA, V.; ROSER, M. Plastic Pollution. **Our World in Data**. 2023. Disponível em: <https://ourworldindata.org/plastic-pollution?insight=plastic-production-has-more-than-doubled-in-the-last-two-decades#key-insights>. Acesso em: 10 jun. 2026.

TIKTAK, G. P. *et al.* Are concentrations of pollutants in sharks, rays and skates (Elasmobranchii) a cause for concern? A systematic review. **Marine Pollution Bulletin**, [S.l.], v. 160, p. 111701, nov. 2020. DOI 10.1016/j.marpolbul.2020.111701. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0025326X20308195>. Acesso em 14 jun. 2026.

TRINDADE, P. A. A. *et al.* First record of plastic ingestion by a freshwater stingray. **Science of The Total Environment**, [S.l.], v. 880, p. 163199, jul. 2023. DOI 10.1016/j.scitotenv.2023.163199. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969723018181>. Acesso em: 12 jun. 2026.

WEIGMANN, S. *et al.* Biodiversity, taxonomy, and systematics of extant Chondrichthyan fishes. In: IUCN SPECIES SURVIVAL COMMISSION SHARK SPECIALIST GROUP (org.). **The global status of sharks, rays, and chimaeras**. [S.l.]: International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, 2024. DOI 10.59216/ssg.gsrsrc.2024. Disponível em: <https://portals.iucn.org/library/node/52102>. Acesso em: 27 jun. 2026.