Aprendendo Ciência

ISSN 2237-8766

E-MAIL:
APRENDENDO.CIENCIA@HOTMAIL.COM

Entre poças e polímeros: os anfíbios na era dos microplásticos

Rodrigo Vitor de Mendonça Gaspar[1*]
Katieny Ferreira de Souza[1]
Rafaela Aparecida dos Reis Couto[1]
Juliane Silberschmidt Freitas[2]

[1]Curso de graduação em Ciências Biológicas, Faculdade de Ciências, Câmpus de Bauru – UNESP.
[2]Departamento de Ciências Biológicas, Faculdade de Ciências, Câmpus de Bauru – UNESP.
*rodrigo.v.gaspar@unesp.br

Palavras-chave:
Bioindicador
Biomagnificação
Ecotoxicologia
Plástico
Poluente

Partindo do início de sua produção em massa em meados do século XX, o plástico inegavelmente impactou de forma significativa a sociedade humana moderna. Sendo considerado o "material de mil utilidades", ele é versátil, durável, flexível, leve e conta com uma produção de baixo custo, o que favorece sua ampla utilização em diversos setores, incluindo uma lista variada de itens hoje considerados básicos, como tecidos, embalagens para conservação de alimentos, materiais de construção, aparelhos eletrônicos, objetos domésticos, entre outros. Apesar dos inúmeros benefícios, o elevado consumo, a alta durabilidade e a vasta distribuição do plástico torna este material o centro de uma complexa problemática global que vem recebendo cada vez mais atenção nos últimos anos: a produção dos **microplásticos** (MPs).

MPs são partículas com dimensões que variam entre 1 µm e 5 mm, com diferentes formatos e cores, as quais podem passar despercebidas a olho nu. Eles podem ser classificados como (1) MPs primários, quando fabricados intencionalmente, como microesferas para utilização em itens cosméticos, como glitter, esfoliantes faciais e cremes dentais, ou como *pellets* industriais usados como matéria-prima na fabricação de outros produtos plásticos, ou como (2) MPs secundários, quando resultam da lenta e contínua fragmentação de

objetos plásticos maiores, como garrafas PET, sacolas e itens domésticos, devido à exposição à luz solar, à quebra mecânica e/ou a processos químicos. Atestando sua presença em ecossistemas naturais e até mesmo distantes da ação humana, já foram encontrados MPs em águas da profunda Fossa das Marianas no oceano Pacífico, em neve do Monte Everest e armazenados em geleiras polares. No entanto, trata-se de um poluente cada vez mais comum na atmosfera, na água potável e até mesmo em itens alimentares diversos, o que aumenta as chances de ingestão ou inalação por diferentes espécies animais, incluindo os seres humanos.

Além do tamanho da partícula, a qual varia de acordo com os fatores de degradação atuantes e de suas magnitudes, os MPs podem ser classificados em diferentes tipos, conforme a sua origem e polímero de composição, tais como polietileno (PE), polipropileno (PP), poliestireno (PS), poliéster, policloreto de vinila (PVC), entre outros. Estas características exercem papel fundamental nos efeitos adversos que eles podem causar nos organismos vivos, bem como na forma como interagem com outros contaminantes ambientais, tais como metais e agrotóxicos, via processo de **adsorção**, podendo assim atuar como **vetores** destas substâncias. Ainda, plásticos costumam conter diversos **aditivos** incorporados durante sua produção para aumentar a durabilidade e realçar propriedades específicas, os quais acabam sendo liberados no ambiente ao longo do processo de fragmentação do material e desencadeiam uma gama de efeitos tóxicos em organismos.

Entre os organismos altamente vulneráveis à contaminação por MPs estão os **anfíbios**, animais que apresentam uma combinação de características fisiológicas e ecológicas intrínsecas que os tornam excelentes **bioindicadores** ambientais. Esta vulnerabilidade está relacionada com seu ciclo de vida complexo, que, para a maioria das espécies, inclui a fase de vida em água, quando na forma de ovos e girinos, e a fase de vida terrestre, quando se tornam adultos após completarem a metamorfose. A Figura 1 esboça um quadro geral da contaminação plástica desse grupo.

Os ovos dos anfíbios possuem uma cápsula gelatinosa que oferece proteção parcial ao meio, mas que também pode servir como superfície de aderência para contaminantes, incluindo MPs. Após eclosão,

os girinos podem **bioacumular** não apenas estas partículas, mas também seus aditivos, através das **brânquias** e da ingestão direta, facilitada pelos comportamentos alimentares de raspagem de algumas espécies. Quando os MPs são aderidos às brânquias e à pele, ou introduzidos no trato gastrointestinal, fígado, rins e músculos podem desencadear **estresse oxidativo**, danos teciduais, alterações morfológicas e ativação de vias inflamatórias.

Em estágios iniciais de desenvolvimento, já foram relatados efeitos negativos de exposição aos MPs na **osmorregulação** e na indução de malformações abdominais em embriões. Decorrentes do acúmulo de MPs nos tecidos, estudos relatam redução de crescimento, deformidades, desregulação hormonal

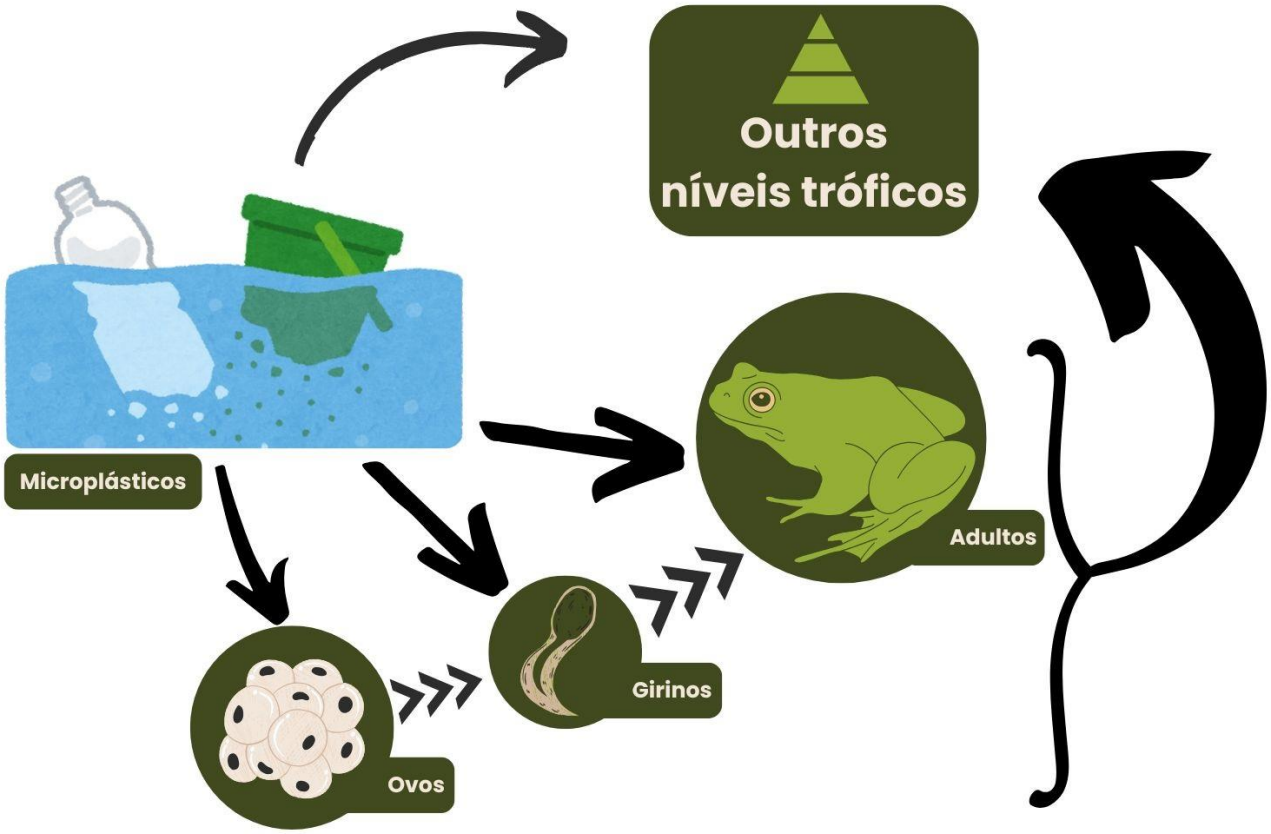


Figura 1. Esquema ilustrativo representando a contaminação e transferência de microplásticos para os anfíbios, bem como para os demais níveis tróficos. **Fonte:** elaborado por Rodrigo Vitor de Mendonça Gaspar.

impactando o desenvolvimento e o metabolismo, alteração de microbiota intestinal, digestão comprometida, danos a órgãos internos, alterações neuroquímicas e até mesmo lesões no DNA. Sendo a fase larval marcada por profundas transformações anatômicas e fisiológicas, as quais preparam o animal para a transição à fase adulta, interferências ao longo da metamorfose podem ocasionar efeitos duradouros e irreversíveis.

Na fase adulta, a **respiração cutânea** e pulmonar proporciona ainda a adesão de MP à pele e a aquisição acidental via inalação de ar contendo essas partículas. Após a metamorfose, os anfíbios também modificam seu hábito alimentar, passando a ingerir presas terrestres ativas que podem ter sido previamente expostas à contaminação plástica, ampliando, assim, as vias potenciais de aquisição deste contaminante. Como era de se esperar, estudos realizados ao redor do mundo, com variadas espécies e diferentes tipos de MPs, indicam que os anfíbios estão sofrendo impactos que vão desde níveis celulares até ecológicos.

É notável a complexidade de vias de toxicidade ativadas a partir da contaminação por MPs, e os respectivos efeitos adversos desencadeados através delas (Figura 2).

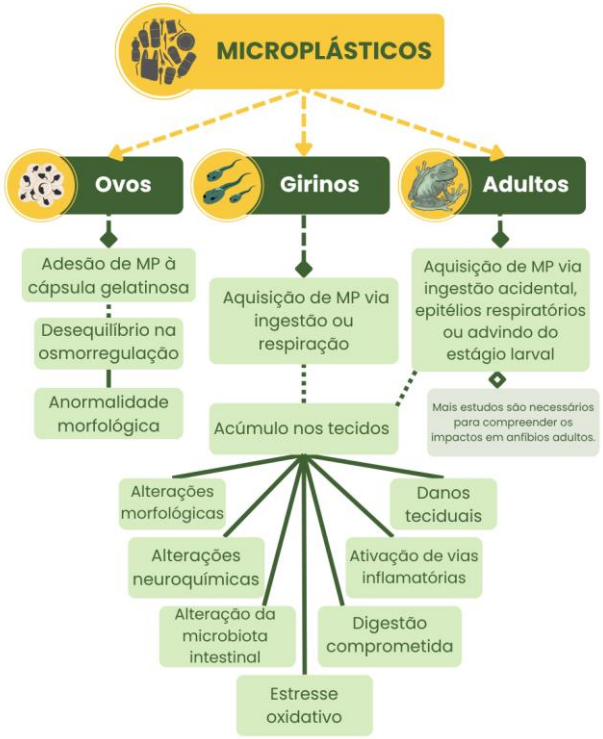


Figura 2. Potenciais vias de contaminação de anfíbios com microplásticos (MPs) e seus impactos em diferentes fases do desenvolvimento. **Fonte:** elaborado por Rodrigo Vitor de Mendonça Gaspar.

Importante apontar ainda que mais estudos são necessários para que as rotas fisiológicas sejam melhor compreendidas, especialmente tendo como base indivíduos adultos, cuja padronização de métodos experimentais é desafiadora, uma vez que ela deve levar em consideração diferentes fatores espécie-específicos como

comportamento, tipo de dieta e fatores ambientais associados ao habitat local.

Há, nesse contexto, outra questão importante do ponto de vista ecológico: os anfíbios podem servir como presas (alimento) para diversos consumidores, tanto em sua fase aquática quanto terrestre, o que significa que a bioacumulação de MPs em seus tecidos pode ser transferida para **níveis tróficos** mais elevados através do processo de **biomagnificação**, atingindo outras espécies e ecossistemas. Neste caso, vale ressaltar que o perigo é potencializado pela própria transição desses animais do ambiente aquático para o terrestre. Além disso, estudos têm demonstrado que os MPs podem induzir deformidades nos membros posteriores, as quais podem reduzir suas capacidades de evasão aos predadores, tornando-os mais vulneráveis e, portanto, mais suscetíveis a atuarem como vetores de transferência trófica.

Assim, além da preocupação gerada pelos potenciais impactos causados pela poluição plástica em níveis populacionais, é importante salientar que os anfíbios são importantes bioindicadores ambientais e que, como representantes sensíveis dentre os vertebrados, apresentam similaridades biológicas em algumas rotas de toxicidade que são evolutivamente conservadas entre as espécies (isto é, mecanismos biológicos envolvidos em vias metabólicas, sinalização celular e respostas ao estresse oxidativo que são compartilhados entre os vertebrados de forma geral), alertando sobre os potenciais riscos à saúde humana. Investigar mais profundamente os mecanismos envolvidos e elucidar as vias de toxicidade dos MPs é fundamental para ampliar a compreensão sobre como estas partículas afetam não apenas os anfíbios, mas todo o ecossistema do qual eles e nós fazemos parte, orientando estratégias eficazes de conservação de biodiversidade e mitigação dos riscos à saúde geral.

GLOSSÁRIO

Aditivos – uma variedade de substâncias adicionadas ao plástico durante sua produção, incluindo plastificantes, ftalatos, retardantes de chamas, estabilizadores UV, corantes, dentre outros. Quando o plástico se degrada em MPs, essas substâncias são liberadas no ambiente e se tornam responsáveis por efeitos adversos em organismos.

Adsorção – processo pelo qual

contaminantes químicos aderem à superfície de materiais, sem penetrar em seu interior (como ocorre na absorção).

Anfíbios – classe de vertebrados à qual pertencem os sapos, rãs, pererecas, salamandras, tritões e cecílias. Caracterizados por seu ciclo de vida que costuma incluir fase aquática e terrestre/semi-terrestre.

Bioacumular – acumular substâncias químicas nos tecidos do corpo ao longo do tempo, por meio de alimentação ou contato com o ambiente.

Bioindicadores – organismos que respondem de maneira sensível a alterações nas condições ambientais; usualmente utilizados para avaliar, monitorar e indicar a integridade de um sistema.

Biomagnificação – processo pelo qual a concentração de um contaminante aumenta progressivamente ao longo da cadeia alimentar, devido à transferência e acúmulo através dos níveis tróficos.

Brânquias – a maioria dos anfíbios apresenta brânquias (estruturas que absorvem oxigênio dissolvido na água) durante o desenvolvimento larval, que regridem e são substituídas funcionalmente por pulmões e pela respiração cutânea na fase adulta.

Estresse oxidativo – conceito que envolve a produção excessiva de oxidantes - moléculas reativas (produzidas naturalmente pelo metabolismo celular e também por fatores externos) que, em níveis fisiológicos baixos, participam de processos regulatórios essenciais, mas cujo aumento excessivo pode causar danos ao DNA, a proteínas e a lipídios celulares - e a insuficiência de mecanismos antioxidantes para neutralizá-los, pode causar danos a componentes celulares que desencadeiam diversas complicações à saúde.

Microplásticos – pequenas partículas plásticas resultantes da degradação de resíduos plásticos ou produzidas intencionalmente para uso comercial e industrial. Suas dimensões variam entre 1 µm e 5 mm, contando com propriedades físico-químicas específicas (estrutura molecular, densidade, polaridade, estabilidade química, forma e estrutura superficial) de acordo com o tipo de polímero.

Níveis tróficos – diferentes estágios de uma cadeia alimentar, categorizando organismos produtores, consumidores (primários, secundários e assim por diante) e decompositores.

Osmorregulação – conjunto de processos fisiológicos que mantêm o equilíbrio de água

e íons no organismo, fundamental para garantir condições ideais para reações bioquímicas e o funcionamento celular.

Respiração cutânea – processo de trocas gasosas realizado diretamente através da pele, utilizado por anfíbios adultos.

Vetores – no contexto químico, são agentes de dispersão que facilitam a propagação de substâncias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

da Costa Araújo, A.P.; de Melo, N.F.S.; de Oliveira Júnior, A.G.; Rodrigues, F.P.; Fernandes, T.; de Andrade Vieira, J.E.; Rocha, T.L.; Malafaia, G. 2020. How much are microplastics harmful to the health of amphibians? A study with pristine polyethylene microplastics and *Physalaemus cuvieri*. **Journal of Hazardous Materials**, 382: 121066. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121066

Montagner, C.C.; Dias, M.A.; Paiva, E.M.; Vidal, C. 2021. Microplásticos: ocorrência ambiental e desafios analíticos. **Química Nova**, 44: 1328-1352. DOI: https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170791

Rahman, M.M.; Kim, E.S.; Sung, H.C. 2024. Microplastics as an emerging threat to amphibians: current status and future perspectives. **Heliyon**, 10: e28220. DOI: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28220

Ruthsatz, K.; Schwarz, A.; Gomez-Mestre, I.; Meyer, R.; Domscheit, M.; Bartels, F.; Schaeffer, S.M.; Engelkes, K. 2023. Life in plastic, it's not fantastic: sublethal effects of polyethylene microplastics ingestion throughout amphibian metamorphosis. **Science of the Total Environment**, 885: 163779. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163779

Xiong, F.; Liu, J.; Xu, K.; Huang, J.; Wang, D.; Li, F.; Wang, S.; Zhang, J.; Pu, Y.; Sun, R. 2023. Microplastics induce neurotoxicity in aquatic animals at environmentally realistic concentrations: a meta-analysis. **Environmental Pollution**, 318: 120939. DOI: https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120939