



ISSN: 2525-815X

# Journal of Environmental Analysis and Progress

Journal homepage: [www.jeap.ufrpe.br/](http://www.jeap.ufrpe.br/)

10.24221/jeap.8.4.2023.5862.272-284



## Caixas didáticas para popularização científica dos microplásticos e impacto nos organismos e ecossistemas aquáticos

### Teaching boxes for scientific popularization of microplastics and impact on aquatic organisms and ecosystems

Eduardo Antonio Ramos da Silva<sup>a</sup>, Mauro de Melo Júnior<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE, Departamento de Biologia, Área de Zoologia, Laboratório de Ecologia do Plâncton-LEPLANC, Programa de Educação Tutorial - PET Biologia/Sede. Rua Dom Manuel Medeiros, s/n, Dois Irmãos, Recife, Pernambuco, Brasil. CEP: 52171-900. E-mail: [eduardo.antonioramos@ufrpe.br](mailto:eduardo.antonioramos@ufrpe.br), [mauro.melojr@ufrpe.br](mailto:mauro.melojr@ufrpe.br).

#### ARTICLE INFO

Recebido 28 Mai 2023

Aceito 01 Set 2023

Publicado 22 Nov 2023

#### ABSTRACT

The growing consumption of products protected by plastic has further increased the generation of solid waste in the ecosystems. Microplastics, unknown to most of society, have caused impacts on ecosystems and biota. This study aimed to show didactic products for the scientific popularization of microplastics and their impacts on organisms and ecosystems, especially marine ones. The teaching boxes were applied in public schools and exhibitions, based on extension actions, between 2021 and 2023. The three proposed teaching boxes show the following themes: “The origin of secondary microplastics”, while at the same time conceptualizing primary microplastics, “Microplastics in water - a color soup”, exploring the diversity of colors and shapes of these pollutants, and “The impact of microplastics on organisms”, whose scheme addresses a classic aquatic food chain and the context of microplastics in this trophic net. The purpose of these products was to reach the public of school age, but their scope went beyond schools, being also applied in parks and exhibitions. The public well received the teaching boxes regarding the content covered. These products facilitated the dissemination of a topic that is difficult to observe only with general schemes. This fact has changed the perspective of understanding the impacts of microplastics on nature, as well as our role in the propagation of these pollutants in ecosystems.

**Keywords:** Primary microplastics, plastic fragmentation, pollution, human impacts, environmental education.

#### RESUMO

O crescente consumo de produtos protegidos por plásticos têm aumentado ainda mais a geração de resíduos sólidos nos ecossistemas, cada vez mais fragmentados. Os microplásticos, desconhecidos pela maior parte da sociedade, têm causado impactos em ecossistemas e na biota. O estudo objetivou apresentar produtos didáticos para a popularização científica dos microplásticos e seus impactos sobre os organismos e ecossistemas, sobretudo os marinhos. As caixas didáticas foram aplicadas em escolas públicas e exposições, a partir de ações de extensão, entre os anos de 2021 e 2023. As três caixas didáticas propostas apresentam os seguintes temas: “A origem dos microplásticos secundários”, ao mesmo tempo em que se conceitua os microplásticos primários, “Microplásticos na água - uma sopa de cores”, explorando a diversidade de cores e formas destes poluentes e “O impacto dos microplásticos nos organismos”, cujo esquema aborda uma cadeia alimentar aquática clássica e a contextualização dos microplásticos nessa trama trófica. O propósito destes produtos foi atingir o público em idade escolar, mas a sua amplitude foi além das escolas, sendo aplicados também em parques e exposições. As caixas didáticas apresentaram boa recepção dos



ouvintes quanto ao conteúdo abordado. Estes produtos facilitaram o processo de difusão de um tema difícil de ser observado apenas com esquemas gerais, mudando a perspectiva da compreensão dos impactos dos microplásticos na natureza, bem como nosso papel para a propagação desses poluentes nos ecossistemas.

**Palavras-Chave:** Microplásticos primários, fragmentação dos plásticos, poluição impactos humanos, educação ambiental.

## Introdução

O crescimento populacional e o incentivo a hábitos de consumo que utilizem embalagens descartáveis tem aumentado ainda mais a geração de resíduos sólidos nas grandes e pequenas cidades. Segundo dados da ABRELPE (2022), um total de, aproximadamente, 81,8 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos no Brasil foram produzidas em 2022, o que corresponde a 224 mil toneladas diárias. Com isso, cada brasileiro produziu, em média, 1,043 kg de resíduos por dia. Sem dúvidas, os plásticos são o principal constituinte dos resíduos sólidos urbanos e foram introduzidos no mercado na década de 1950. Desde então, os números da produção global e o lixo plástico nos oceanos aumentaram exponencialmente (Wayman & Niemann, 2021), causando inúmeros impactos na biodiversidade (Santos Júnior & Souza, 2023). Esse crescimento na quantidade de resíduos sólidos tem atingido os diversos ecossistemas, sendo o acúmulo nos oceanos evidente e um problema crescente no âmbito global (Lebreton et al., 2018).

Uma fração importante de todo o plástico produzido até os dias atuais é diretamente introduzida nos ecossistemas marinhos em tamanhos microscópicos (Coyle, Hardiman & Driscoll, 2020), embora a fragmentação do plástico macroscópico seja um fato e preocupante. Os (macro) plásticos, ou seja, maiores que 5 mm, tem se fragmentado em menores frações por ação do intemperismo ocasionado pelo estresse mecânico das ondas e ventos, bem como pela fotodegradação (ação direta da luz solar) e biodegradação (ação da biota aquática) (Lebreton et al., 2018; Wayman & Niemann, 2021).

Recentemente, vários estudos têm apontado o impacto dos microplásticos (< 5 mm) nos ecossistemas e organismos aquáticos, e no homem (Lebreton et al., 2018), provando que é urgente programas e projetos de conscientização da população mundial quanto ao problema dos plásticos na sociedade atual. Essa questão ainda recebe reforço de estudos recentes que mostram que o microplástico, como agente poluidor, ainda não é um tema conhecido pela maior parte da população (Pereira et al., 2021). Estes mesmos autores acreditam que o microplástico deve ser explorado na divulgação científica, sendo necessário estimular que as pessoas façam

reflexões e as instiguem a saber mais para que consigam uma mudança de hábitos, especialmente a respeito do lixo e seu descarte.

Dos poucos programas que tratam da temática de propagação do conhecimento sobre os microplásticos nas escolas, um deles combina atividades artísticas criativas com uma real investigação científica sobre microplásticos na areia da praia (Falkner et al., 2018), com o objetivo de incentivar crianças a aplicar sua criatividade e pensamento crítico na luta contra um mundo sufocado pelo plástico.

A aplicação de modelos didáticos permite explorar o conteúdo proposto, potencializando o processo de ensino-aprendizagem e associando o tema para situações cotidianas. Dentre essas situações do dia a dia, destaca-se a presença constante de plásticos de diversos tamanhos em nossas vidas, incluindo os microplásticos. Estas pequenas partículas estão presentes nos mais variados produtos do nosso cotidiano. Gregory (1996), por exemplo, realizou um dos primeiros estudos relatando a presença de microplásticos em cosméticos, demonstrando preocupações com os possíveis impactos que esses resíduos antropogênicos poderiam causar ao ambiente marinho.

A diversificação de estratégias de ensino pode contribuir para a aprendizagem de conteúdos complexos e abstratos, sendo muitas as possibilidades e os recursos a serem explorados e desenvolvidos pelos docentes em sala de aula (Goldschmidt et al., 2020). De acordo com estes mesmos autores, entre os recursos que também podem ser utilizados pelos professores para facilitar a apreensão de conceitos por parte dos alunos, estão os modelos didáticos.

Uma parcela das crianças atuais, felizmente, deve ter ouvido falar das grandes manchas de lixo nos oceanos e tem uma compreensão sobre o tamanho enorme dessas manchas (Lebreton et al., 2018). Muitas crianças também entendem que o plástico não é biodegradável, ou seja, não pode ser digerido por organismos vivos no solo e em outros elementos naturais (Falkner et al., 2018). No entanto, estes mesmos autores afirmam que poucas crianças estão familiarizadas com o conceito e os impactos da poluição dos microplásticos. Invisíveis a olho nu,

os microplásticos representam uma ameaça oculta (Falkner et al., 2018).

Estudos recentes observaram que as comunidades humanas não estão fazendo sua parte para resolver o problema do lixo marinho, pois há diferentes percepções de quem deve ser responsável por ele (Ahmad-Kamil, Zakaria & Othman, 2022). Estes mesmo autores, em um artigo de revisão sobre o papel da educação no processo de combate ao aumento da poluição marinha, observaram que não está claro o que os professores devem saber e compreender antes de poderem implementar uma educação eficaz sobre o lixo marinho nas escolas.

Diante do exposto, torna-se necessária a criação de ferramentas ativas de popularização científica sobre os microplásticos e seus impactos nos organismos e ecossistemas, ampliando as formas de exploração do tema em sistemas formais e não-formais de ensino. No entanto, de acordo com Bettencourt, Costa & Caeiro (2021), os professores devem ser treinados e ter acesso a recursos relacionados para ensinar sobre lixo marinho. Neste caso, uma das formas de atingir o público escolar é fornecer material didático que dê suporte aos projetos educacionais, sobretudo, do Ensino Básico. O estudo objetivou apresentar caixas didáticas para a popularização científica dos microplásticos (primários e secundários) e seus impactos sobre os organismos e ecossistemas, sobretudo os marinhos.

### **Material e Métodos**

O surgimento da ideia e a criação das caixas didáticas para a difusão científica dos microplásticos e seus impactos sobre os diversos organismos e ecossistemas aquáticos ocorreram

junto aos seguintes projetos de extensão: "Projeto H2O – Humanidade, Habilidades e Observação: Explorando a água no ensino de Ciências na Educação Básica", financiado pelo CNPq e o programa "Saúde Única nas escolas: o impacto dos parasitos, microplásticos e do óleo na saúde dos organismos e dos ecossistemas", financiado pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). O público-alvo destas caixas foi o em idade escolar, mas a sua amplitude vai além das escolas, podendo ser aplicados também em parques e exposições diversas. Essas caixas didáticas foram aplicadas em escolas públicas e em ações de extensão nos anos de 2021 e 2023.

A idealização e a construção das caixas didáticas envolveram três etapas: (i) Concepção conceitual, (ii) Esquematização e (iii) Construção (Figura 1). Na etapa de concepção conceitual, foram selecionadas as principais definições a serem exploradas, com base em artigos de revisão temática (por ex., Lebreton et al., 2018), tais como o conceito em si, os tipos (primários e secundários), as cores e os impactos dos microplásticos nos organismos. Estes temas foram separados nas três caixas didáticas e são complementares.

Na etapa de Esquematização (Figura 1A e C), o esquema geral de cada caixa foi construído e amadurecido a partir de reuniões periódicas. Os esquemas foram esboçados usando o *software* livre Adobe Illustrator®. A princípio, foi idealizada a inclusão de poucas informações por caixa, assegurando uma maior eficiência na difusão científica. O tamanho de todo o esquema passou por testes, sobretudo quanto ao tamanho das fontes utilizadas, ao mesmo tempo, em que a manipulação das caixas fosse viável na ocasião das atividades.

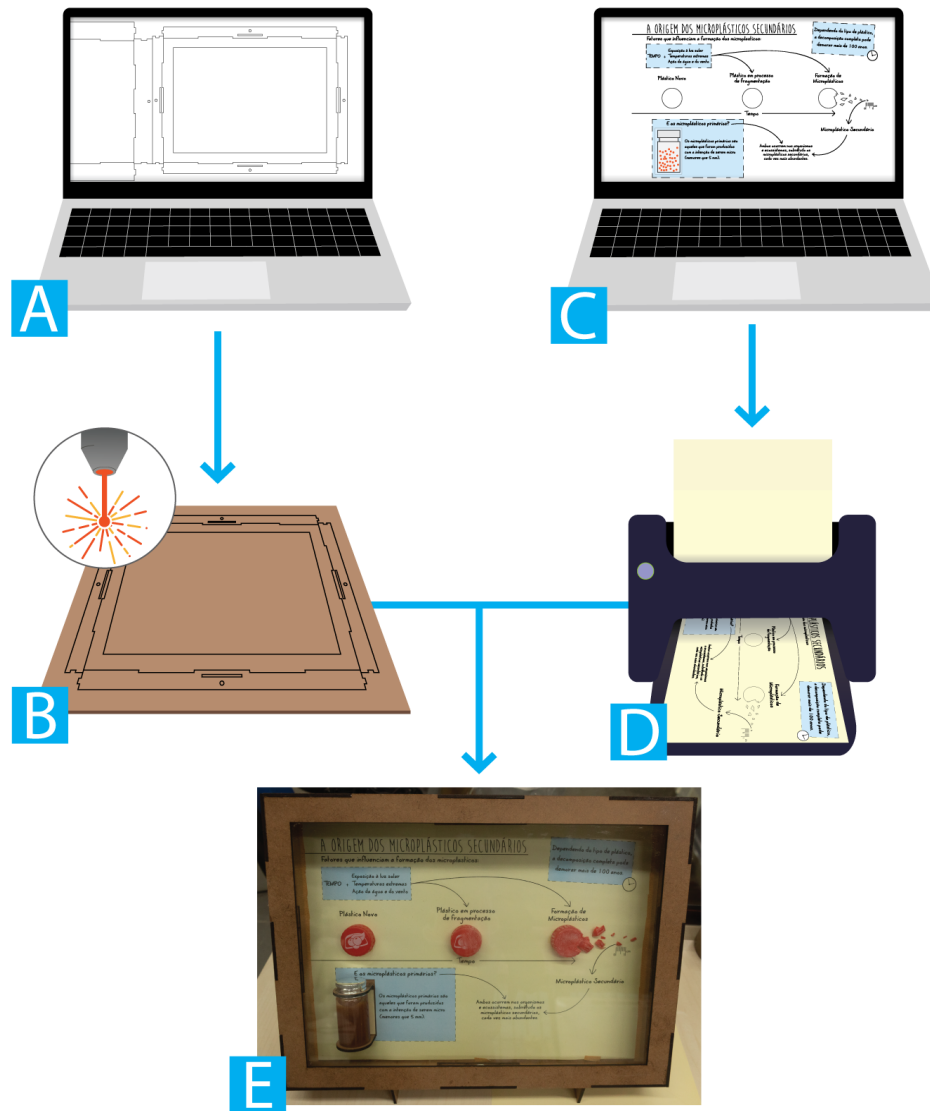


Figura 1. Fluxograma representando as etapas para a construção das caixas didáticas. A. Desenho digital para corte a laser; B. Corte de chapa de MDF a laser; C. Desenho digital do esquema base; D. Impressão do esquema; E. Caixa didática completa (cortes em MDF, esquema e componentes). Fonte: Silva & Melo Júnior (2023).

Em seguida, a etapa de Construção (Figura 1B e D) foi realizada, a partir da impressão inicial do esquema da caixa, em papel comum, em cores, seguida da montagem e inclusão dos elementos (por ex., tampas plásticas ou fragmentos coloridos de plásticos moles). Após cada montagem das caixas didáticas, foram realizados testes em ações em escolas, para assegurar a eficácia de cada informação. Nesta última fase de construção, alguns elementos foram substituídos e/ou aprimorados, até a definição dos formatos finais aqui apresentados.

Após o fechamento das primeiras versões das caixas didáticas, foram realizadas ações de extensão em escolas e exposições públicas entre os anos de 2021 e 2023, com o propósito de aprimorar a apresentação geral dos esquemas e os elementos incorporados. Nestas ocasiões, foram realizadas

anotações sobre as dificuldades encontradas durante a realização das ações de extensão, tomando como referência a recepção dos ouvintes. Para cada uma das dificuldades registradas, foram propostas alternativas, as quais são apresentadas em forma de um quadro das soluções.

### Resultados e Discussão

As caixas didáticas produzidas para a divulgação científica do impacto dos microplásticos nos organismos e ecossistemas aquáticos foram idealizadas e criadas dentro do contexto da Poluição Plástica nos ecossistemas e da Saúde Única, e contaram com conhecimentos publicados em artigos científicos ao longo dos últimos anos. Alguns autores têm demonstrado que a utilização de modelos didáticos é importante no processo de ensino-aprendizagem, facilitando o

aprender de temas e conteúdos difíceis de serem observados apenas com figuras e/ou fotos (Fortuna, 2021). De fato, as caixas didáticas aqui apresentadas contam com elementos de simples entendimento e aquisição, tais como embalagens plásticas diversas, reuso de microplásticos primários (facilmente encontrados em produtos domésticos), pequenas garrafas de vidro, placas de Petri de acrílico e recortes de papel, montados de forma didática em caixas de MDF, de modo a manter a durabilidade do uso do material didático em futuras ações educativas.

As caixas didáticas apresentadas surgiram da necessidade de explorar e difundir os microplásticos e o seu impacto nos organismos e ecossistemas aquáticos junto à sociedade. Além disso, a criação das caixas didáticas também foi sustentada pela Base Nacional Comum Curricular, que estimula a exploração da temática poluição nos conteúdos básicos (por ex., a EF05G310).

Foram idealizadas e produzidas três caixas didáticas, cujos temas abordam a origem dos microplásticos secundários, a diversidade de cores e formas dos microplásticos e o impacto destes

poluentes nos organismos aquáticos (Figura 2). As caixas abordam diferentes fases de um mesmo assunto, resultando na complementaridade de informações entre elas, como pode ser observado nos objetivos e elementos abordados do Quadro 1.

As caixas seguem como padrão a utilização de esquemas de desenhos, como setas e textos impressos no papel, no qual são colados na base da chapa. Elementos como tampas plásticas, garrafas de vidro e outros elementos, são colados em cima do papel com o esquema idealizado impresso. Posteriormente, a base de MDF é colada nas “bordas/paredes” que formam uma caixa aberta. A tampa da caixa é feita com uma chapa que é cortada no centro, tornando a tampa vazada, e onde será colado o vidro para permitir a visualização de todo material didático. Este vidro pode ser substituído por chapa de acrílico. Para assegurar que a tampa não saia da caixa facilmente, também são adicionados ímãs de neodímio nos quatro lados da base e tampa. A caixa também conta com um suporte opcional para deixá-las em pé e tornando a apresentação ou exposição mais fácil.

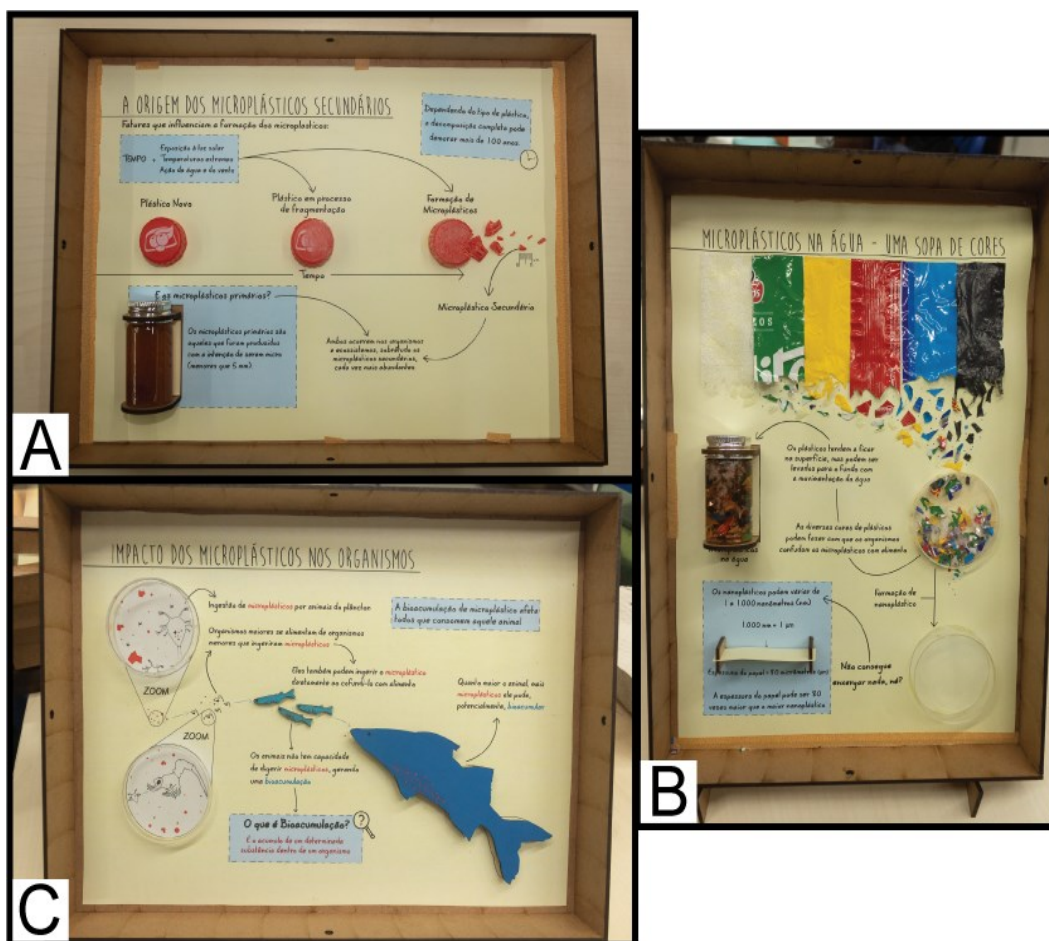


Figura 2. Foto das caixas didáticas finalizadas. A. Origem dos microplásticos secundários. B. Microplástico na água - uma sopa de cores; C. Impacto dos microplásticos nos organismos. Fonte: Silva & Melo Júnior (2023).

Quadro 1. Síntese das três caixas didáticas produzidas para divulgação científica do impacto dos microplásticos nos organismos e ecossistemas aquáticos. Fonte: Silva & Melo Júnior (2023).

Caixas didáticas	Objetivos	Elementos Abordados
Caixa 1 “A Origem dos Microplásticos Secundários”	Apresentar o que são microplásticos, como são formados e a diferença entre microplásticos primários e secundários.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conceito de microplásticos primários e secundários;</li> <li>- Tempo médio de fragmentação do plástico;</li> <li>- Fatores ambientais que favorecem a fragmentação;</li> <li>- Fragmentação simulada de uma tampa plástica.</li> </ul>
Caixa 2 “Microplásticos na Água - Uma sopa de Cores”	<p>Abordar as diferentes cores e formas dos microplásticos e a interferência que causam na alimentação de organismos aquáticos.</p> <p>Introduzir o conceito de nanoplásticos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diversidade de cores de microplásticos;</li> <li>- Influência das cores de microplástico sobre organismos aquáticos;</li> <li>- Flutuabilidade dos plásticos;</li> <li>- Definição do nanoplástico.</li> </ul>
Caixa 3 “O impacto dos Microplásticos nos Organismos”	Retratar a bioacumulação de microplásticos ao longo de uma cadeia trófica (magnificação trófica).	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ingestão de microplástico por animais presentes na base da cadeia alimentar;</li> <li>- Possível acúmulo exponencial de microplásticos ao longo da cadeia alimentar;</li> <li>- Impacto do acúmulo de microplásticos nos animais que consomem outros organismos bioacumulados.</li> </ul>

De forma geral, as três caixas didáticas podem utilizar madeira de MDF, cortada a laser, e chapas de vidro, acrílico ou acetato para formar a estrutura base da caixa. A Caixa 1 (Figura 2A e Figura 3), cujo título é "A origem dos microplásticos secundários", tem como ideia principal definir o que é um microplástico e como eles são formados. Para isso, foi utilizado como exemplo três tampas plásticas de refrigerante em diferentes estágios de fragmentação. As tampas foram montadas lado-a-lado, da esquerda para direita, a partir da menos fragmentada até a mais fragmentada, para representar sua decomposição ao longo de uma linha do tempo e mostrar como os microplásticos secundários se formam, ou seja, partículas de plástico com tamanho inferior a 5 mm (Allen et al., 2022). Microplásticos são divididos,

de forma geral, em primários ou pellets (quando são fabricados para serem pequenas) ou secundários (derivado da fragmentação de pedaços maiores de plástico) (Barnes et al., 2009), o que também pode dificultar o entendimento por parte dos estudantes do Ensino Básico quanto ao processo de formação dessas micropartículas. Neste caso, o conceito de microplásticos primários também foi acrescentado.

Além disso, também foi adicionada a exemplificação escrita de alguns fatores ambientais que favorecem o processo de fragmentação do plástico, como: exposição à luz solar, temperaturas extremas e ação da água e do vento, unidos com o fator tempo (Bettencourt, Costa & Caeiro, 2021). O efeito das ações ambientais é representado pelas



setas apontadas para as tampas, ao longo da linha do tempo.

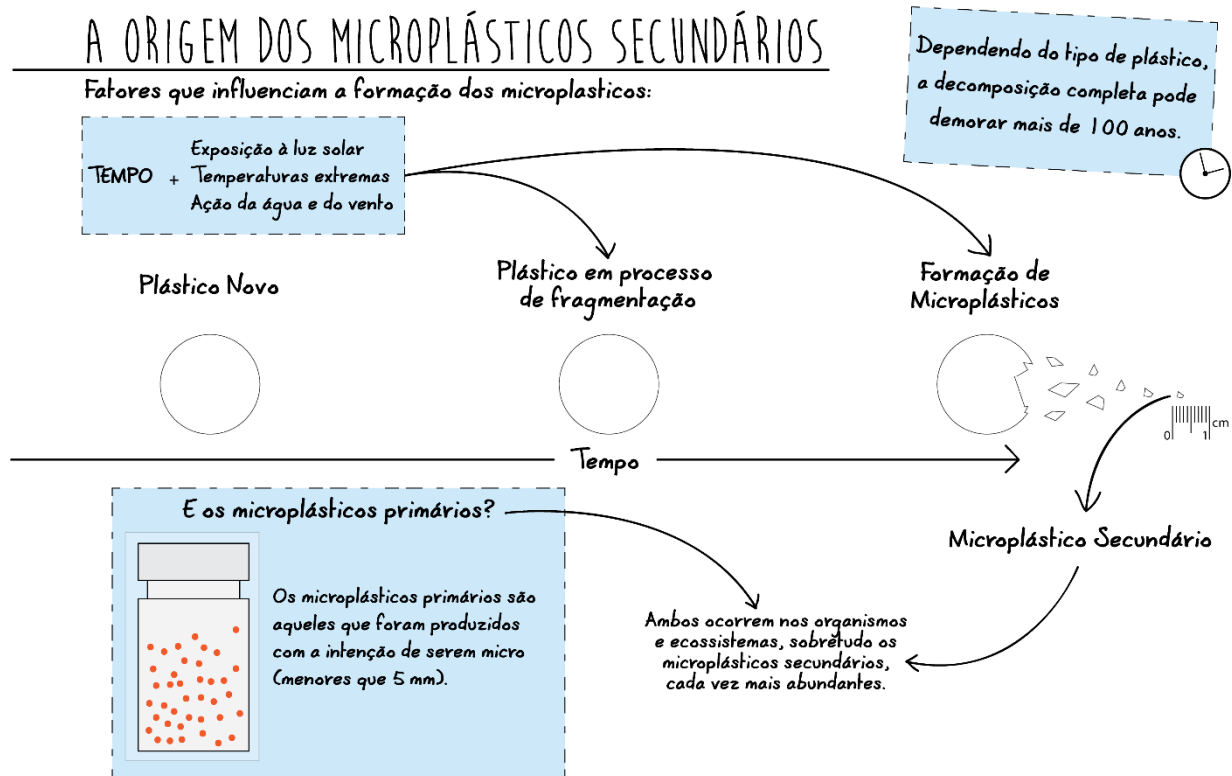


Figura 3. Desenho esquemático da caixa didática sobre o tema *A Origem dos microplásticos secundários*, produzida para divulgação científica do impacto dos microplásticos nos ecossistemas aquáticos. Fonte: Silva & Melo Júnior (2023).

Apesar de não definir um tempo exato para fragmentação do plástico no esquema da Caixa 1, visto que é muito variado de acordo com o tipo do plástico e sua resistência (Coyle et al., 2020), foi colocado o tempo médio que o plástico leva para se decompor/fragmentar totalmente.

O tema "Microplásticos na Água - Uma Sopa de Cores" foi explorado na Caixa 2 (Figura 2B e Figura 4), e possui como ideia central apresentar a origem e a diversidade de cores e formas de microplásticos nos ecossistemas naturais. Neste caso, foi explorado o tipo de plástico flexível (mole), observado nas sacolas e embalagens plásticas, por exemplo. Para este modelo didático, as características físicas dos microplásticos são exploradas quanto à coloração, à densidade e à rigidez. Para a contextualização desta temática, foram incorporados macrofragmentos de plásticos coloridos (embalagens diversas e coloridas de doces e sacolas plásticas), seguidos da microfragmentação sequencial, culminando na mistura de cores em uma placa de Petri. A ideia de deixá-los soltos dentro da placa é dar a noção da mistura constante.

Ao mesmo tempo, algumas partículas foram colocadas em um recipiente de vidro fechado, com álcool 70%, para mostrar a flutuabilidade das partículas e o seu comportamento em ambiente aquático natural.

Além disso, o conceito do nanoplástico (partículas plásticas entre 1 e 1000 nanômetros) também foi adicionado no esquema da Caixa 2, com destaque para a representação da espessura de uma folha de papel comum, que possui em torno de 80 micrômetros - ou seja, cerca de 80 vezes maior que a maior partícula nanoplástica. Para a representação do nanoplástico e comparação com as partículas de microplásticos, foi adicionada apenas uma placa de Petri vazia, que foi colada a partir das bordas, reforçando a noção da impossibilidade de visualização de tais partículas a olho nu. Esta temática tem se tornado extremamente urgente e preocupante. Estudos realizados por Allen et al. (2022) tem demonstrado que, entre 0,013 e 25 milhões de toneladas métricas por ano de micro ou nanoplásticos, são potencialmente transportados na atmosfera marinha e depositados nos oceanos.

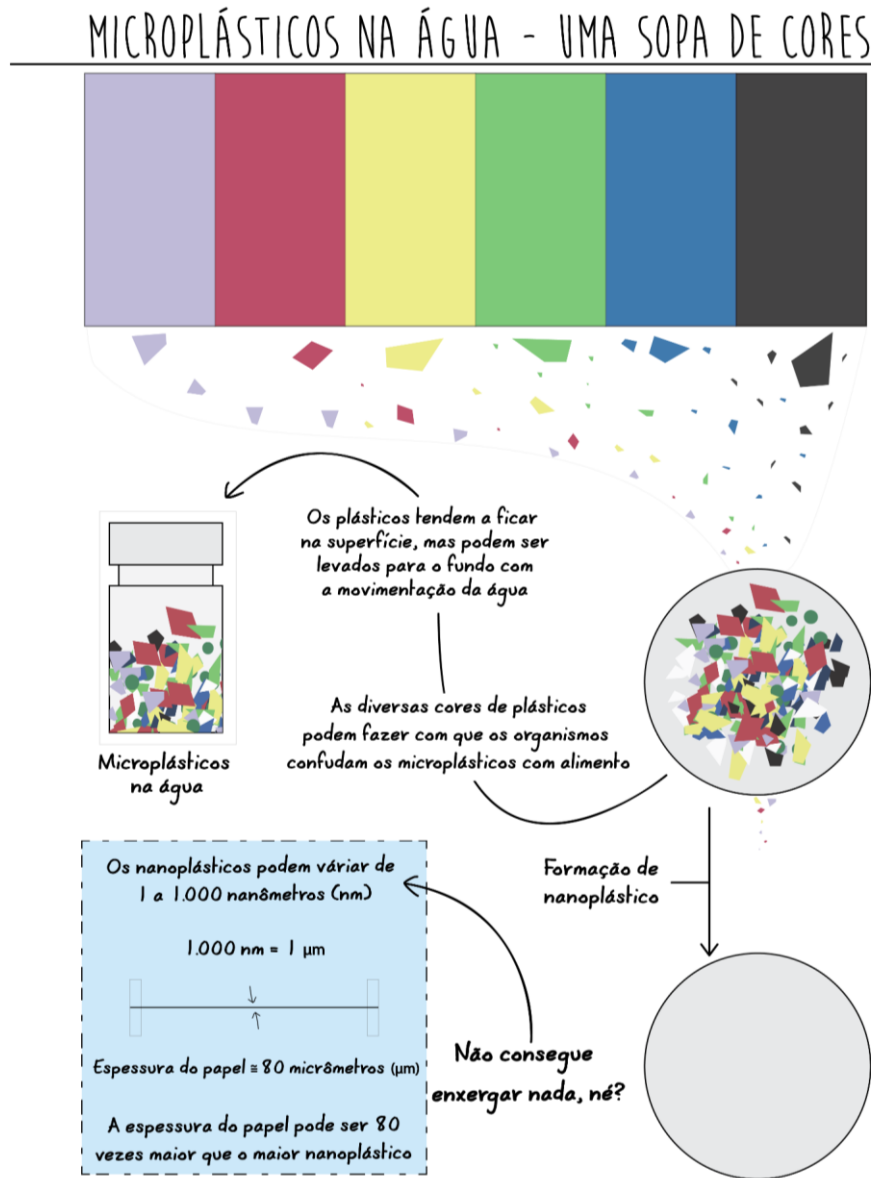


Figura 4. Desenho esquemático da caixa didática sobre o tema *Microplásticos na Água - Uma Sopa de Cores*, produzida para divulgação científica do impacto dos microplásticos nos ecossistemas aquáticos. Fonte: Silva & Melo Júnior (2023).

Na Caixa 3 (Figuras 2C e 5) foi abordado o tema "O Impacto dos Microplásticos nos Organismos" no intuito de representar a bioacumulação dos microplásticos em uma cadeia alimentar aquática clássica, envolvendo as partículas naturais e plásticas da coluna d'água, os invertebrados do plâncton, como consumidores primários de tais partículas, e formas jovens/pequenas e adultas de peixes pelágicos. Nesta caixa, diferente das anteriores, todo o conceito pôde ser abordado sem adição de muitos materiais externos (como tampas plásticas ou plástico fragmentado), pois todo conteúdo foi desenhado diretamente no esquema. No entanto, na versão final, foram adicionados elementos estéticos com o objetivo de proporcionar uma sensação de profundidade e aumentar o interesse

do público pela caixa didática, como: placas de Petri e peixes cortados em papelão e MDF (Figura 2C). Como uma das formas de introdução do microplástico na cadeia alimentar se dá através da ingestão dessas partículas por invertebrados do plâncton, que em sua maioria são organismos microscópicos, optamos por criar uma zona de "zoom" com a intenção de mostrar a dimensão aproximada desses seres em comparação aos outros animais da cadeia alimentar e com o próprio microplástico, além de mostrar, por meio de um desenho simplificado, como esses organismos são. Nesta caixa didática, além de exemplificar como ocorre a bioacumulação, também traz, em poucas palavras, o conceito geral sobre o que é de fato a bioacumulação, apesar de ser um conceito potencialmente difundido entre os alunos do ensino



médio, ainda pode ser uma novidade para alunos do fundamental.

O processo de fragmentação dos plásticos envolve muitas e complexas etapas, de difícil compreensão por parte da sociedade. A degradação dos plásticos por meio do tempo e pela ação

microbiana pode modificar o grau de fluatibilidade de tais partículas, e o potencial de adsorção de poluentes nos fragmentos. Dessa forma, eles podem ficar disponíveis para a biota presente em várias profundidades em momentos diferentes (Wright, Thompson & Galloway, 2013).

## IMPACTO DOS MICROPLÁSTICOS NOS ORGANISMOS

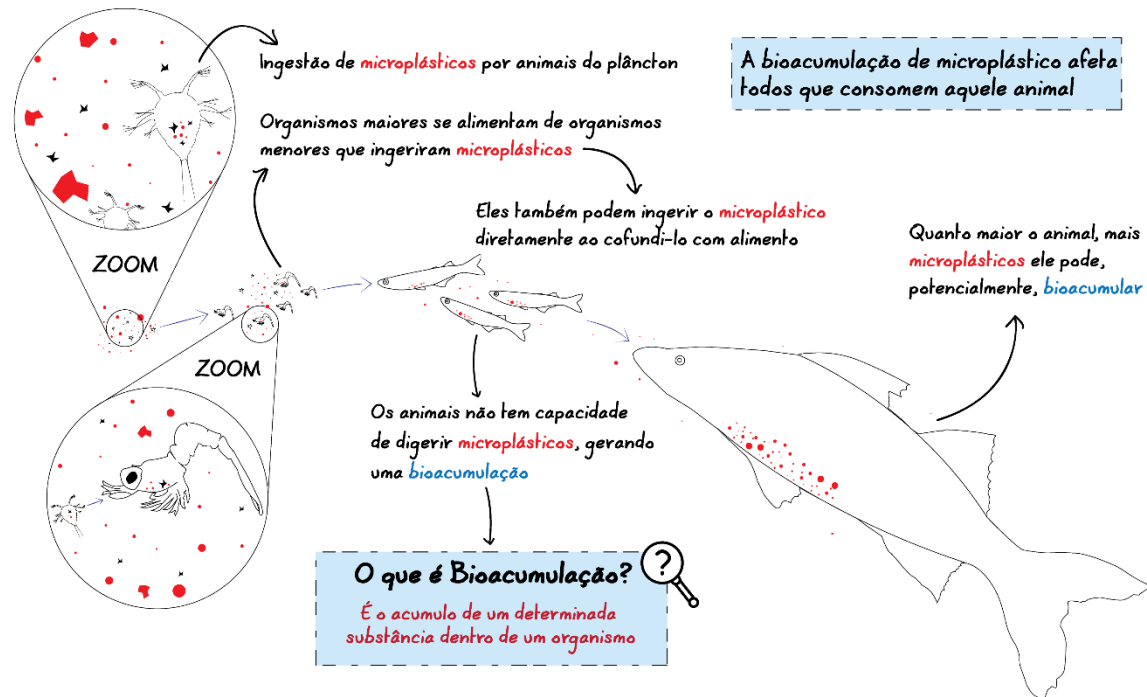


Figura 5. Desenho esquemático da caixa didática sobre o tema *O Impacto dos Microplásticos nos Organismos*, produzida para divulgação científica do impacto dos microplásticos nos organismos e nas cadeias alimentares dos ecossistemas aquáticos. Fonte: Silva & Melo Júnior (2023).

Estudos recentes têm demonstrado que a bioacumulação de microplásticos ocorre dentro de cada nível trófico das cadeias alimentares, mesmo que carecem ainda evidências sobre a bioacumulação de aditivos químicos associados (Miller et al., 2020). Estes autores ainda reforçam que toda contaminação em níveis tróficos superiores é resultado direto do consumo de presas em níveis tróficos inferiores, ou seja, está ocorrendo transferência trófica. Neste caso, a proposta do esquema didático da Caixa 3 foi abordar esse acúmulo ao longo da cadeia alimentar, com a representação de maior concentração de microplásticos nos níveis superiores.

Particularmente para os oceanos, muitos desafios regionais e locais são previstos para a Década dos Oceanos (2020-2030). As metas previstas pelas Nações Unidas, para o final da década de 2030, estão relacionadas a promoção de (i) um oceano seguro, (ii) um oceano limpo, (iii) um oceano transparente e acessível, (iv) um oceano sustentável e produtivo, (v) um oceano saudável e

resiliente, (vi) um oceano previsível e (vii) um oceano inspirador e envolvente. Nos últimos anos, vários grupos de pesquisadores têm direcionado esforços em busca de soluções e alternativas para que as metas propostas sejam alcançadas. Associado a esse fato, um estudo realizado por Laranja et al. (2022) forneceu informações acerca do conhecimento das problemáticas de interesse da população de países de língua portuguesa sobre a investigação científica desenvolvida em prol do Oceano, bem como quais os problemas que gostariam de ver resolvidos a curto/médio prazo, incluindo a poluição por plástico/microplástico - a mais referenciada pelos entrevistados. De fato, percebe-se que a poluição por plásticos é uma preocupação crescente e prioritária, mostrando que a aplicação de métodos que abordem os processos em torno da dinâmica de formação e poluição de partículas microscópicas nos ecossistemas aquáticos é extremamente importante para a busca de um Planeta sustentável.

De forma geral, as caixas tiveram boa recepção do público-alvo durante as ações de extensão em escolas e exposições públicas. As caixas, por sua própria natureza, atraem a atenção dos estudantes e demais parcelas da sociedade atingidas, tornando a difusão científica mais fluida (quando comparada com esquemas impressos, por exemplo). Durante a construção das caixas

didáticas, algumas adequações foram sendo realizadas (Quadro 2), incluindo algumas incorporações após os questionamentos e/ou dificuldades de compreensão do público-alvo, a exemplo da diferenciação dos tipos primários e secundários de microplásticos e da inclusão do conceito de nanoplásticos.

Quadro 2. Síntese das dificuldades registradas durante as ações de extensão e as respectivas soluções encontradas durante o decorrer da criação das três caixas didáticas produzidas para divulgação científica do impacto dos microplásticos nos organismos e ecossistemas aquáticos. Fonte: Silva & Melo Júnior (2023).

<b>Dificuldade</b>	<b>Descrição</b>	<b>Soluções</b>
Diferenciação dos microplásticos primários e secundários.	A ideia inicial previa apenas a apresentação da fragmentação dos plásticos até a formação dos microplásticos secundários	Foi incorporado um vidro com uma amostra de microplásticos primários e uma caixa com um texto explicando as diferenças. Tais microplásticos podem ser obtidos em diversos produtos de fácil aquisição.
Noção exata do tamanho dos microplásticos.	Apesar de ter na descrição textual o tamanho máximo dos microplásticos, não tinha nenhum parâmetro para efeitos comparativos.	Foi inserida uma escala de tamanho, com a indicação de um microplástico com tamanho inferior aos 5 mm.
Introdução do termo Nanoplástico	Antes, o termo nanoplástico não estava inserido no contexto esquemático, dificultando a compreensão do termo microplástico.	Foi inserida uma explicação ampla dos nanoplásticos, incluindo uma placa de Petri vazia (mostrando que esses elementos são impossíveis de serem visualizados a olho nu.
Noção do tamanho dos nanoplásticos	Com a incorporação do conceito de nanoplástico no esquema da Caixa didática 2, foi necessário abordar algo sobre o tamanho desta partícula.	Para introduzir uma noção do tamanho real dos nanoplásticos, optou-se por comparar o tamanho dessas partículas com a espessura de uma folha de papel (que possui cerca de 80 vezes o tamanho máximo de uma partícula nanoplástica).
Compreensão do conceito de bioacumulação	Inicialmente, foi escolhida a representação colorida dos microplásticos, para se aproximar da real condição nos ecossistemas aquáticos. Entretanto, o conceito de bioacumulação ficou difícil de ser representado.	Optou-se por representar os microplásticos com uma única cor (no caso da Caixa 3, vermelha), para facilitar a compreensão do conceito de bioacumulação por parte dos ouvintes, sobretudo os mais jovens.

A diversificação de estratégias de ensino pode contribuir para a aprendizagem de conteúdos complexos e abstratos, sendo muitas as possibilidades e os recursos a serem explorados e

desenvolvidos pelos docentes em sala de aula (Goldschmidt et al., 2020). De acordo com estes mesmos autores, entre os recursos que também podem ser utilizados pelos professores para

facilitar a apreensão de conceitos por parte dos alunos, estão os modelos didáticos.

Foi possível constatar que, usando o método de criação de caixas didáticas, este artigo foi capaz de apresentar e ponderar temas importantes da educação sobre a poluição por microplásticos nos organismos e ecossistemas aquáticos. De forma geral, a demonstração de materiais didáticos possui justificativa em casos particulares, e pode ser útil em situações em que o docente precisa economizar tempo ou quando ele deseja garantir que todos os estudantes ou ouvintes (público externo à universidade, por exemplo) observem o mesmo conteúdo/fenômeno ao mesmo tempo, como ponto de partida para uma discussão sobre um dado assunto (Krasilchik, 2004). Soma-se a isso o fato de existir uma necessidade de se conhecer metodologias e estratégias pedagógicas capazes de estabelecer a ligação entre os saberes escolares e os saberes do cotidiano, para que exista o uso efetivo da ciência em prol do desenvolvimento social (Segura & Kalhil, 2015).

Quando abordamos o tema dos microplásticos no contexto escolar, percebemos que ainda existem muitos desafios de percepção científica, dificultando o entendimento por parte dos estudantes. Considerando que o sexto Princípio Essencial dos Oceanos diz que *O Oceano e a humanidade estão fortemente interligados* (NOAA, 2021), constata-se que os impactos humanos nos oceanos ainda são pouco conhecidos pela sociedade. Em um estudo realizado no sul do Brasil, Silveira (2022) mostrou que 71,2% dos estudantes trabalhados não tinham conhecimento sobre o tema microplástico. Esta autora reforça, ainda, a importância da Educação Ambiental em ações e atitudes assertivas, em relação à minimização dos impactos das ações humanas sobre o meio ambiente como um todo. Ela mostra, ainda, que as próximas gerações saibam dos malefícios que os microplásticos trazem à vida humana e ao meio ambiente, sendo de grande necessidade que existam espaços escolares que tratam sobre o assunto e saibam fazer escolhas conscientes, visando interferir o mínimo possível sobre a biosfera e gerando menos resíduos em suas ações (Silveira, 2022).

Os materiais didáticos têm sido utilizados como uma ferramenta com capacidade para proporcionar uma melhor fixação em determinados assuntos nas escolas e faculdades. Estudos como os de Oliveira (2012) e de Liesenfeld (2015) mostram que a utilização do material didático foi eficaz na aprendizagem dos estudantes, principalmente pela possibilidade de permitir a visualização de processos em que, na maioria das vezes, eram abordados apenas na teoria. Da mesma forma, as

caixas didáticas abordadas aqui são importantes para dar suporte às possibilidades de educação sobre um dos principais impactos humanos - o plástico poluente, por meio da utilização de materiais do cotidiano e linguagem simples, possibilitando assim, ampliar as alternativas de atividades educativas e as lacunas que podem melhorar a educação sobre o impacto dos plásticos nos organismos e ecossistemas no futuro.

### Conclusão

A educação ambiental, envolvendo o plástico poluente em organismos e ecossistemas, com ênfase em microplásticos, é uma das soluções para amenizar o problema do lixo nos ecossistemas aquáticos, como o marinho, uma vez que procura atingir o público mais jovem. Ao mesmo tempo, as caixas didáticas são mais uma opção educativa para professores do Ensino Básico, bem como uma alternativa para a difusão científica, em exposições para o grande público, incluindo o adulto, promovendo práticas, por meio do aumento do conhecimento junto à sociedade. Espera-se que estudantes, técnicos e professores universitários promovam mais ações de conscientização e difusão científica sobre os microplásticos e o seu impacto nos organismos e ecossistemas aquáticos.

### Agradecimentos

Este estudo fez parte do "Projeto H2O – Humanidade, Habilidades e Observação: Explorando a água no ensino de Ciências na Educação Básica", financiado pelo CNPq (#441072/2019-4), coordenado pelo segundo autor, e do Programa de Extensão Universitária "Saúde Única nas escolas: o impacto dos parasitos, microplásticos e do óleo na saúde dos organismos e dos ecossistemas", financiado pela UFRPE, coordenado pela Profa. Jaqueline Bianque de Oliveira (UFRPE). Os autores são gratos às equipes dos projetos, por toda discussão e sugestões. Os autores agradecem os estudantes e professores do Ensino Básico que participaram das etapas de divulgação científica. Agradecimentos especiais ao Programa de Educação Tutorial – PET Biologia/Sede (UFRPE) (MEC/Sesu), pelas bolsas fornecidas aos dois autores.

### Referências

- ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. 2022. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2022. São Paulo.
- Ahmad-Kamil, E. I.; Zakaria, S. Z. S.; Othman, M. 2022. What teachers should know for effective marine litter education: A scoping

- review. *Sustainability*, 14, 4308. <https://doi.org/10.3390/su14074308>
- Allen, D.; Allen, S.; Abbasi, S. et al. 2022. Microplastics and nanoplastics in the marine-atmosphere environment. *Nature Reviews Earth & Environment*, 3, 393-405. <https://doi.org/10.1038/s43017-022-00292-x>
- Barnes, D. K. A.; Galgani, F.; Thompson, R. C.; Barlaz, M. 2009. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364, 1985-1998. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0205>
- Bettencourt, S.; Costa, S.; Caeiro, S. 2021. Marine litter: A review of educative interventions. *Marine Pollution Bulletin*, 168, 112446. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112446>
- Coyle, R.; Hardiman, G.; Driscoll, K. O. 2020. Microplastics in the marine environment: A review of their sources, distribution processes, uptake and exchange in ecosystems. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 2, 100010. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2020.100010>
- Falkner, I.; Theau, J.; Rooney, A.; Slaviero, J. 2018. Microplastics: making the invisible visible. *Current: The Journal of Marine Education*, 32, 19-24. <https://doi.org/10.5334/cjme.14>
- Fortuna, J. L. 2021. Criação de modelos didáticos de fungos macroscópicos e estruturas fúngicas microscópicas para Exposição Científica. VII Encontro Nacional de Ensino de Biologia, Fortaleza, CE, Brasil. pp. 1-5613. <https://doi.org/10.46943/VIII.ENEBIO.2021.01.187>
- Goldschmidt, A. I.; Michel, D. C.; Fontana, L. B.; Rangel, C.; Silva, W. B.; Novaes, L. A.; Tissott, C. 2020. Bicho de sete cabeças: uma proposta para o ensino da célula e da anatomia humana. *Revista de Produtos Educacionais e Pesquisa em Ensino*, 4, 23-39.
- Gregory, M. R. 1996. Plastic 'scrubbers' in hand cleansers: a further (and minor) source for marine pollution identified. *Marine Pollution Bulletin*, 32, 867-871. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(96\)00047-1](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(96)00047-1)
- Krasilchik, M. 2004. Práticas de ensino de Biologia. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo. 200p.
- Laranja, A.; Morim, S.; Correia, M.; Almeida, C. M. R. 2022. Literacia do Oceano: Um oceano de união. *REMEA - Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental*, 39, 406-414. <https://doi.org/10.14295/remea.v39i2.14280>
- Lebreton, L.; Slat, B.; Ferrari, F.; Sainte-Rose, B.; Aitken, J.; Marthouse, R.; Hajbane, S.; Cunsolo, S.; Schwarz, A.; Levivier, A.; Noble, K.; Debeljak, P.; Maral, H.; Schoeneich-Argent, R.; Brambini, R.; Reisser, J. 2018. Evidence that the Great Pacific Garbage Patch is rapidly accumulating plastic. *Scientific reports*, 8, 1-15. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-22939-w>
- Liesenfeld, V. et al. 2015. Fotossíntese: utilização de um modelo didático interativo para o processo de ensino e aprendizagem. *Revista de Ensino de Bioquímica*, 13, 9-26. <http://dx.doi.org/10.16923/reb.v13i1.313>
- Miller, M. E.; Hamann, M.; Kroon, F. J. 2020. Bioaccumulation and biomagnification of microplastics in marine organisms: A review and meta-analysis of current data. *PLoS One*, 15, e0240792. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240792>
- NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration. 2021. Ocean literacy: the essential principles and fundamental concepts of ocean sciences for learners of all ages (version 3.1). Estados Unidos.
- Oliveira, M. S. et al. 2012. Uso de material didático sobre embriologia do sistema nervoso: avaliação dos estudantes. *Revista Brasileira de Educação Médica*, 36, 83-92. <https://doi.org/10.1590/S0100-55022012000100012>
- Pereira, M. L. O. V. C.; Fragel-Madeira, L.; Santos, R. F. dos; Souza, T. V. de A.; Alves, G. H. V. S. 2021. Public perception as an instrument of environmental education: A study on microplastics. *Research, Society and Development*, 10, e45210715411. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i7.15411>
- Santos Júnior, R. S. dos; Souza, R. R. de. 2023. Panorama dos impactos causados pelo descarte inadequado dos resíduos sólidos na biodiversidade. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, 8, 62-69. <https://doi.org/10.24221/jeap.8.2.2023.5284.062-069>
- Segura, E.; Kalhil, J. B. 2015. A Metodologia Ativa como proposta para o Ensino de Ciências. *REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática*, 3, 87-98. <https://doi.org/https://doi.org/10.26571/2318-6674.a2015.v3.n1.p87-98.i5308>

- Silveira, D. da C. 2022. Microplásticos: uma abordagem prática da produção de plástico biodegradável como estratégia de educação ambiental na educação básica. *Brazilian Journal of Science*, 1, 82-89. <https://doi.org/10.14295/bjs.v1i2.15>
- Wayman, C.; Niemann, H. 2021. The fate of plastic in the ocean environment - a minireview. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 23, 198-212. <https://doi.org/10.1039/D0EM00446D>
- Wright, S. L.; Thompson, R. C.; Galloway, T. S. 2013. The physical impacts of microplastics on marine organisms: a review. *Environmental Pollution*, 178, 483-492. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.02>