

### Ações antrópicas e a química dos oceanos

Oceanos: uma extensa região hidrográfica repleta de vida. O planeta Terra está sofrendo drasticamente os impactos de ações antrópicas descontroladas e que podem trazer mudanças irreversíveis para ele. Um dos ambientes com maior biodiversidade e que é grande alvo de mudanças em razão da atividade humana é o oceano e, devido a tanta poluição, ele está se tornando cada vez mais inóspito. Um dos problemas que mais têm tido atenção nos últimos anos é a presença do plástico nesses ambientes e as consequências diretas à vida marinha. Entretanto, existem outros pontos problemáticos nessa realidade, que nem sempre recebem tanta atenção da população, como é o caso da acidificação dos oceanos.

Como já mencionado, um dos problemas mais alarmantes e graves dos oceanos é a presença abundante de plásticos, decorrentes de lixo humano. Pesquisas apontam que, atualmente, nesse universo azul, já podem ser encontradas mais de 14 milhões de toneladas destes resíduos [4]. Todo esse material traz grandes mudanças para o ecossistema e pode acarretar em consequências irreparáveis para a vida marinha, inclusive na morte de vários animais, uma vez que esses têm dificuldade de distinguir o alimento de materiais plásticos que encontram no mar, conforme mostra a figura 1.



**Figura 1** - tartaruga confundindo uma sacola plástica com alimento - [18]

Segundo o PNUMA Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), estamos iniciando a Década da Restauração de Ecossistemas (2021-2030) [7] e, diante da situação atual, é de extrema urgência a tomada de ações globais massivas para salvar os sistemas de suporte à vida da humanidade.

Uma das principais soluções para combater esse aumento na quantidade de plástico nos oceanos é o uso de materiais biodegradáveis. Em definição, os produtos biodegradáveis são aqueles que apresentam um tempo menor de decomposição e que são absorvidos mais rapidamente pela natureza [5]. Como exemplo, podemos citar os plásticos hidrossolúveis, um tipo de plástico que é facilmente dissolvido em água. Caso fossem utilizados mais produtos biodegradáveis, a decomposição ocorreria de maneira mais rápida e, desse modo, seria possível visar a uma amenização dos impactos ambientais.

Aplicando esses conceitos na realidade, um plástico biodegradável, em geral, tende a demorar semanas/meses para se decompor e, desse modo, seu impacto na natureza é bem menor. Entretanto, um plástico não-biodegradável, em geral, pode demorar mais de 500 anos para se decompor, ocasionando que seus impactos continuem a ser visíveis por várias gerações após o seu uso.

Atualmente, já existem também alguns tipos de plástico que são feitos a partir de amidos, como batata e mandioca. Pesquisas recentes mostraram ser possível produzir um bioplástico com pequeno tempo de decomposição. O amido é um polissacarídeo que se apresenta em formato de grânulos. De forma resumida, para que este se torne plástico, é feito um processo de destruição da estrutura formada pelo amido, em que ocorre a solubilização do amido em um solvente. Posteriormente, essa substância é colocada em uma estrutura que irá evaporar o solvente e, como consequência, vai formar uma matriz contínua, que dará origem ao filme

plástico [17];[11]. Esses produtos são menos prejudiciais ao nosso planeta, pois são oriundos de uma fonte natural e, portanto, têm menos tempo de decomposição.

A química apresenta uma importante função durante o processo de criação e usos desses produtos; ela exerce um papel essencial no auxílio da estruturação da criação desses materiais, cuja composição química possibilita que o produto final seja, ao mesmo tempo, funcional e benéfico para a natureza.

Uma outra solução pode ser o uso da bactéria *Leionella sakaiensis*, que foi descoberta por cientistas e tem a capacidade de “comer” plástico. A bactéria tem a capacidade de digerir plástico do tipo Polietileno Tereftalato (PET) e pode, em um futuro próximo, com avanços tecnológicos e científicos, se tornar uma solução muito viável para esse problema. Uma pesquisa feita na revista FAPESP [9] apontou que a bactéria demorou 6 semanas para degradar um filme fino de 60 microgramas de plástico. Ainda que a quantidade seja muito pequena e que tal bactéria ainda se encontre em um estado primitivo, tal notícia já representa um início desta, que poderá ser uma ótima solução.

Outro ponto muito relacionado com os oceanos e com os problemas que esse ambiente tem é a emissão de CO<sub>2</sub>. Em geral, o primeiro ponto importante em que se pensa quando falamos do aumento de CO<sub>2</sub> na atmosfera é o aquecimento global, que também pode interferir com o oceano, ocasionando aumento da temperatura das águas do mar e, desse modo, grandes mudanças no ecossistema marinho.

O aquecimento global, como já dito, está muito relacionado com o aumento do efeito estufa. Este é um processo natural muito importante para manter a temperatura do planeta, impedindo que ocorram grandes amplitudes térmicas. Nesse processo, parte dos raios solares são retidos aqui na Terra e assim, impedem que o planeta se esfrie. O problema ocasionado pelas emissões de CO<sub>2</sub> é que este acaba impedindo que parte do calor saia e, portanto, com o passar dos anos, a temperatura do planeta acaba aumentando.

O aumento da temperatura do planeta leva ao aquecimento das águas dos oceanos, o que pode levar ao aumento do nível do mar e à morte de várias espécies marinhas. Uma das consequências, que nos últimos anos tem sido noticiada, é o branqueamento dos corais, evidenciado pela figura 2.



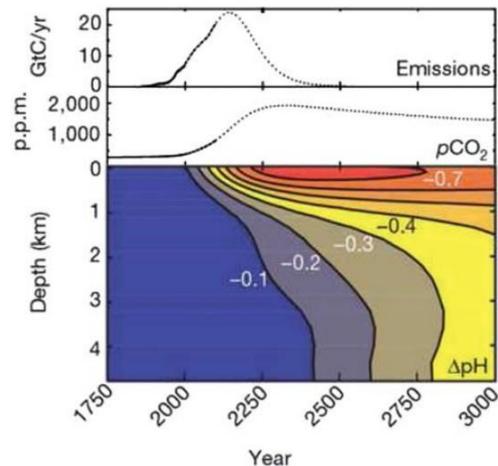
**Figura 2:** Evidências do branqueamento dos corais [19]

Os corais são estruturas que apresentam uma biodiversidade enorme e que servem como habitat para milhares de pequenos organismos marinhos [6]. O aquecimento das águas do oceano pode promover o branqueamento dessas estruturas, pois o coral perde suas algas fotossintetizantes (as zooxantelas). Essas algas, além de muito importantes para o coral, também ajudam a diminuir a quantidade de CO<sub>2</sub>. Sem essas algas, os corais acabam tornando-se mais suscetíveis a doenças e, em alguns casos, podem chegar até a morrer [6].

A fotossíntese é um processo realizado por plantas, algumas cianobactérias e por algas e trata-se de um processo para a obtenção de alimento. Nesse processo, a luz solar, juntamente com o gás carbônico, são utilizados pelos seres vivos para produzir glicose e também oxigênio, o qual é liberado para atmosfera.

Um dos maiores problemas em que a morte desses seres vivos pode acarretar é a perda de biodiversidade e, com ela, o fim de algumas cadeias e teias alimentares. Em geral, os seres vivos que habitam os corais são pequenas estruturas que servem como base destas teias alimentares. A morte desses seres vivos afeta todos os níveis tróficos, em alguns casos podendo até levar à extinção de algumas espécies.

Outro problema que pode ser sinalizado, decorrente do acúmulo de CO<sub>2</sub> na atmosfera, é a acidificação dos oceanos. Esse processo entende-se principalmente pela redução do pH que tem ocorrido ao longo dos anos e que hoje traz resultados mais visíveis. Em geral, nos últimos anos, o pH dos oceanos caiu de 8.2 para 8.1 - quanto menor for o número, mais ácido o ambiente se encontra - [13]. Na figura 3 torna possível ver a relação feita entre a quantidade de tempo em anos e os valores de acidez das águas. Além disso, podemos ver também dados sobre como as emissões de CO<sub>2</sub> vão intensificar esse processo.



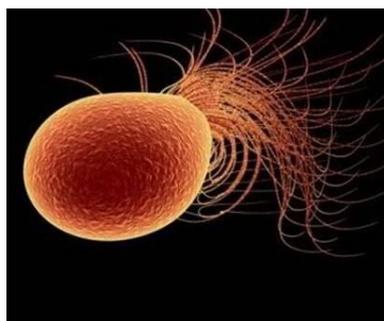
**Figura 3** - acidificação dos oceanos em razão do tempo - [20]

Como dito anteriormente, uma das principais causas dessa acidificação deve-se principalmente ao aumento das quantidades de CO<sub>2</sub> na atmosfera. Esse aumento se deve majoritariamente a emissões oriundas de indústrias. Pesquisas feitas recentemente mostraram que, antes da Revolução Industrial, a atmosfera terrestre tinha uma concentração de 280 ppm (partes por milhão) de CO<sub>2</sub>; já em 2017, essa taxa tinha quase duplicado e alcançado 403,38 ppm. Previsões apontam que, em 2050, essa taxa pode atingir (é possível que haja) até 550 ppm. [14]

Resumindo o processo que ocorre nos oceanos quando há um aumento dos níveis de gás carbônico na atmosfera, temos o seguinte:  $H_2O + CO_2 \rightarrow H_2CO_3$  [1]. Em outras palavras, o que ocorre é que a água mais o gás carbônico vai formar o ácido carbônico. Quando, no oceano, este ácido carbônico se divide, teremos íons carbonato e hidrogênio  $H_2CO_3 \rightarrow H^+ + HCO_3^-$ .

Além de trazer muitas mudanças na composição química dos oceanos, essa acidificação traz problemas enormes e alarmantes para a vida marinha. Pequenos animais como plânctons e fitoplânctons são muito sensíveis e pequenas mudanças no ambiente podem resultar nas suas mortes. Assim como no caso do branqueamento dos corais, esses animais são a base de várias cadeias alimentares e, portanto, sem eles, inúmeros seres vivos serão fortemente prejudicados. Novamente uma das soluções para resolver ambos os problemas que relacionam a química e a biologia podem estar nas bactérias, pequenos organismos procariontes que talvez sejam o início da reversão deste processo.

A bactéria *Pyrococcus furiosus*, figura 4, é um micro-organismo que se adapta a ambientes muito quentes e acaba consumindo o CO<sub>2</sub> da atmosfera, de modo a diminuir os efeitos do aquecimento global nas águas marinhas e agir diminuindo os níveis de acidificação dos oceanos [15]. Como consequência negativa e, em virtude de uma atividade exagerada desta bactéria, podemos ter o consumo excessivo de CO<sub>2</sub> e a diminuição do efeito regulador da homeostase da temperatura que o mesmo exerce.



**Figura 4** - ao lado - foto da bactéria *Pyrococcus furiosus* - [21]

Em complementação a tudo que vem sendo feito, uma pesquisa recente [16] mostrou uma solução capaz de unir os dois pontos apresentados e tentar, assim, amenizar o problema. É fato que o plástico apresenta um papel essencial em nossa sociedade, sendo usado praticamente todos os dias, de modo que, quanto menos poluente for sua produção, mais benéfico será para o planeta. Essas pesquisas mostraram que algumas cianobactérias, como o caso de uma das cepas da *Synechocystis sp* [16], quando expostas ao estresse, conseguem capturar o CO<sub>2</sub> e transformá-lo em polihidroxibutirato (PHB), um poliéster que é produzido por micro-organismo a partir de vários substratos de carbono - um bioplástico. Essa forma de produção ainda se encontra muito restrita, entretanto, os estudos estão buscando maneiras de que seja cada vez mais acessível e produtivo. É sabido que o plástico é quase indispensável ao dia a dia das pessoas, mas, obviamente, seria bem melhor se pudéssemos, durante a sua produção, gerar um produto que colaborasse com a saúde do planeta, amenizando as quantidades de CO<sub>2</sub> na atmosfera.

Em suma, pode-se perceber que os oceanos estão sofrendo grandes alterações em razão das ações antrópicas, tais como excesso de plástico no oceano, aumento das temperaturas nas águas e acidificação desse ambiente. Tais problemas afetam muito a vida marinha e conseqüentemente podem trazer mudanças na forma de viver dos seres humanos, uma vez que dependemos muito do equilíbrio de todos os ecossistemas. A química possui um papel fundamental na criação de soluções viáveis para esses problemas, para que possamos garantir o melhor para todos os seres vivos e amenizar os problemas causados pelos seres humanos.

#### Referências Bibliográficas

- [1] Site: <https://www.ecycle.com.br/1382-acidificacao-dos-oceanos.html> - acessado 19/04/2021
- [2] Site: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/meio-ambiente/2018/06/o-oceano-esta-cada-vez-mais-acido-o-que-is-so-realmente-significa>. - acessado 18/04/2021
- [3] Site: <https://www.dw.com/pt-br/aumento-de-co2-nos-oceanos-eleva-n%C3%ADvel-de-acidez-e-amea%C3%A7a-vida-marinha/a-17268912#> - acessado 19/04/2021
- [4] Site: <https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/Meio-Ambiente/noticia/2020/10/ha-14-milhoes-de-toneladas-de-plastico-no-fundo-dos-oceanos-estima-estudo.html> - acessado 15/04/2021
- [5] Site: <http://www.tsambientali.com.br/o-que-e-produto-biodegradavel-e-qual-sua-importancia-para-o-meio-ambiente/> - acessado 18/04/2021
- [6] Site: <https://www.ecycle.com.br/8550-branqueamento-dos-corais.html> - acessado 19/04/2021
- [7] Site: <https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/reportagem/pnuma-recebe-sugestoes-para-decada-de-restauracao-de-ecossistemas> - acessado 24/04/2021
- [8] Vídeo: <https://www.youtube.com/watch?v=d0kacyyLVB4> - acessado 18/04/2021
- [9] Site: <https://revistapesquisa.fapesp.br/a-bacteria-que-come-garrafas-pet/#> - acessado 19/04/2021
- [10] Site: <http://www.simi.org.br/noticia/Sustentabilidade-cientistas-criam-bacteria-que-come-CO2-do-ar> - acessado 20/04/2021

- [11] Site: <https://ciclovivo.com.br/inovacao/negocios/plastico-batata-alternativa-descartaveis/> - acessado 21/04/2021
- [12] Site: <https://ciclovivo.com.br/inovacao/tecnologia/metodo-bioplastico-gas-carbonico/> - acessado 21/04/2021
- [13] Projeto: Hofmann, Matthias e Schellnhuber, Hans Joachim - Ocean acidification: a millennial challenge - 2010. - acessado 13/04/2021
- [14] Projeto: Neiverth, Alessandro - A experimentação no ensino de química utilizando a acidificação dos oceanos com foco nos impactos da vida marinha 2017 - acessado 20/04/2021  
<https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/61599/TCC%20Alessandro%20Vieira%20Neiverth%20Final%20corrigido.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [15] Projeto: Kropf, Michelle - Pyrococcus furiosus  
[https://web.mst.edu/~djwesten/MoW/BIO221\\_2010/P\\_furiosus.html](https://web.mst.edu/~djwesten/MoW/BIO221_2010/P_furiosus.html) - acessado 19/04/2021
- [16] Projeto: Gracioso, L.H at all - Light excess stimulates Poly-beta-hydroxybutyrate yield in a mangrove-isolated strain of Synechocystis sp. - acessado 20/04/2021
- [17] Projeto: Rodrigo, Kleber - Produção de bioplástico a partir da casca de batata (Solanum tuberosum - [https://www.uniritter.edu.br/files/sepesq/arquivos\\_trabalhos/3611/741/885.pdf](https://www.uniritter.edu.br/files/sepesq/arquivos_trabalhos/3611/741/885.pdf) - acessado 22/04/2021
- [18] Figura 1: A foto foi retirada do site:  
<https://conexaoplaneta.com.br/blog/ao-confundir-plastico-por-agua-viva-tartarugas-encontram-a-morte/>
- [19] Figura 2 - A foto foi retirada do site:  
<https://www.biologianet.com/curiosidades-biologia/branqueamento-corais.htm>
- [20] Figura 3 - A foto foi retirada do projeto Ocean acidification: a millennial challenge
- [21] Figura 4 - Foto retirada de um projeto de pesquisa - [https://web.mst.edu/~djwesten/MoW/BIO221\\_2010/P\\_furiosus.html](https://web.mst.edu/~djwesten/MoW/BIO221_2010/P_furiosus.html)