



Editora: Ana Paula Macedo
anapaula.df@dabr.com.br
3214-1195 • 3214-1172

16 • Correio Braziliense • Brasília, domingo, 16 de junho de 2024

Esperança azul

» ISABELLA ALMEIDA

O oceano tem um papel crucial no ciclo do carbono, atuando como um dos maiores sumidouros de dióxido de carbono (CO₂) do planeta. Mediante processos bioquímicos, como a fotossíntese realizada por seres aquáticos, as águas absorvem o CO₂ atmosférico, ajudando a mitigar os efeitos do aquecimento global. Microrganismos, incluindo vírus, colaboram com a interação das partículas no mar. Essa complexa relação entre as águas e o elemento químico tem implicações vitais no processo das mudanças climáticas. A nova série do **Correio** mostra os impactos da ação antropogênica nas águas salgadas.

Cientistas concentram esforços para compreender e utilizar os vírus presentes nos oceanos no combate às mudanças climáticas. Utilizando um vasto catálogo de microrganismos com DNA e RNA, eles identificaram agentes que podem ajudar a reter dióxido de carbono na água do mar e evitar a fuga de metano do solo ártico.

A análise, liderada pela Universidade Estadual de Ohio, nos Estados Unidos (EUA), combinou dados de sequência genômica com inteligência artificial para identificar vírus oceânicos que “roubam” genes de outros micróbios, incluindo aqueles envolvidos no sequestro do carbono. A abordagem, apresentada na Associação Americana para o Avanço da Ciência, revelou 340 vias metabólicas conhecidas em todos os oceanos. Dessas, 128 foram identificadas nos genomas dos vírus que habitam esses ambientes aquáticos.

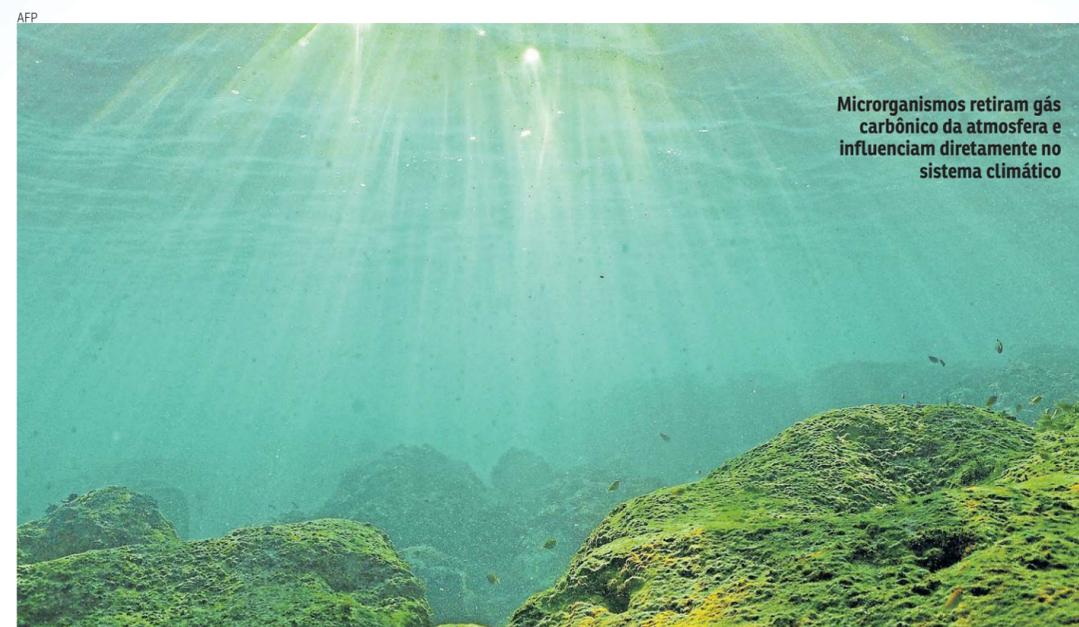
Tecnologia aliada

Matthew Sullivan, professor de microbiologia e diretor do Centro de Ciência do Microbioma da Universidade Estadual de Ohio, disse que se surpreendeu com a quantidade de microrganismos identificados. Ele lidera uma equipe que utiliza esses dados para desenvolver modelos visando prever como os vírus podem ser usados para o microbioma oceânico reter mais carbono.

“A modelagem metabólica comunitária está me dizendo os dados dos sonhos: quais vírus têm como alvo as vias metabólicas mais importantes, e isso é relevante porque significa que eles são boas alavancas para serem acionadas”, reforça.

Conforme o cientista, o CO₂ é absorvido como gás e sua conversão em carbono orgânico é guiada por micróbios. “O que estamos vendo agora é que os vírus têm como alvo as reações mais importantes no metabolismo dessas comunidades microbianas. Isso

O potencial dos oceanos para enfrentar os desafios provocados pelas mudanças climáticas no planeta e os efeitos negativos da ação dos homens nos mares são temas da série que o **Correio** publica hoje e nos próximos dois domingos



Microrganismos retiram gás carbônico da atmosfera e influenciam diretamente no sistema climático



Pesquisadores de campo em uma das bacias marinhas anóxicas

significa que podemos começar a investigar quais vírus poderiam ser usados para converter carbono no tipo que desejamos.”

Giovanni Monteiro Ribeiro, biomédico, mestre em microbiologia e imunologia e professor no centro universitário Uniceplac, detalha que o grupo de pesquisa utilizou uma estratégia chamada metagenômica ambiental. “Os genes são procurados e sequenciados diretamente do ambiente. É como arremessar uma

grande rede ao mar para capturar genes, não se sabe o que virá. Depois da pesca você identifica e seleciona o que serve. A inteligência artificial é muito utilizada nessa área, pois os pesquisadores sequenciam milhares, às vezes, milhões, de segmentos de DNA com uma só amostra.”

Lizia Lenza Campos, professora da Uniceplac e doutora em agricultura tropical com ênfase em microbiologia do solo, destaca que o papel dos microrganismos

Palavra de especialista

Cautela indispensável

“Ao pensar nas possíveis aplicações dos vírus, devemos considerar diversos desafios e possíveis impactos causados por essa manipulação. Deve-se considerar o dano ecológico que a introdução dos vírus pode causar no ambiente marinho e em todos os ecossistemas relacionados a ele. Precisamos compreender que as comunidades microbianas já estabelecidas nos oceanos e em outros locais, como solos, rios e fontes termais, são produtos de milhões de anos de evolução. Embora esses vírus já estejam presentes nesses ambientes, inserir uma quantidade acima da normal pode gerar desequilíbrios. Caso sejam introduzidos vírus com elevado



potencial de predação, como no exemplo da minimização da emissão de metano no gelo, é possível haver um desfecho ruim. Para manter o equilíbrio ecológico dos ambientes marinhos e sua função no sequestro de carbono, são necessários estudos massivos.

Igor Taveira, professor substituto de microbiologia no Instituto de Microbiologia (IMPG) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

no meio ambiente está longe de se esgotar. “O desenvolvimento de novas ferramentas biotecnológicas permite a abertura de novos horizontes. É nesse caminho que poderemos interferir de maneira positiva na pegada ecológica que deixamos no ambiente, usando os microrganismos como aliados. Se os oceanos são nossa grande reserva produtora de oxigênio, porque não é também o nosso maior local de sequestro de carbono?”, questiona.

Mergulhando ainda mais fundo nas águas salgadas, cientistas da Universidade da Califórnia Santa Bárbara, nos EUA, descobriram que bacias marinhas anóxicas — regiões nos oceanos onde há uma falta significativa de oxigênio dissolvido na água — podem ser uma solução promissora para o sequestro de carbono, minimizando os impactos negativos na vida marinha. Para alcançar as metas climáticas, ambientalistas exploram formas de reduzir os

níveis do gás na atmosfera, considerando o envio de biomassa vegetal ao fundo do mar.

Segundo Morgan Raven, o armazenamento de carbono no fundo do mar surge como uma opção promissora, em que o gás ficaria retido por centenas ou milhares de anos. Apesar de a análise ser antiga, ainda há incertezas em torno da abordagem. Questões sobre como a introdução de material vegetal afetam a química e ecologia das áreas, e como garantir que os produtos da decomposição não escapem para habitats sensíveis, destacam a necessidade de uma avaliação cuidadosa.

As bacias marinhas anóxicas surgem como candidatas promissoras devido à sua profundidade e afastamento, tornando-as ideais para abrigar a matéria vegetal. Todavia, elas não são iguais. Os investigadores escolheram três áreas para examinar propriedades diferentes, na busca para verificar onde o armazenamento de biomassa poderia ser melhor realizado: o Mar Negro na Europa Oriental, a Bacia de Cariaco perto da Venezuela e a Bacia de Orca no Golfo do México (EUA).

Entre as regiões examinadas, o Mar Negro se destaca como a melhor opção devido ao isolamento e à capacidade de conter biomassa em escalas relevantes para o clima global. “O que é legal no Mar Negro é que ele é tão restrito que fica em grande parte isolado do resto do oceano”, afirmou Raven. “E assim tem sido gradualmente, ficando cada vez mais anóxico, especialmente recentemente, desde que os humanos despejaram nele um monte de fertilizantes no último século.”

Futuro promissor

Nélida Delamoriae, bióloga e microbiologista, coordenadora do setor de Microbiologia do Hidrolabor, da Universidade de Lavras, em Minas Gerais, enfatiza que o sequestro de carbono é um grande desafio, visto que os eventos de liberação extra do gás na atmosfera ultrapassam a capacidade de fixação.

“Nos resta aproveitar eventos naturais que promovam o aumento do sequestro do carbono. As bacias marinhas anóxicas revelam inúmeras vantagens. Essas áreas têm capacidade de preservar a matéria orgânica depositada no fundo do mar, evitando a decomposição e liberação de carbono na atmosfera sem muito esforço.” No entanto, há muitos desafios associados ao uso de bacias marinhas anóxicas. “Como viabilidade técnica, custos, impactos ambientais, riscos de vazamento, escala e capacidade limitadas e a aceitação pública.”

Captação natural contra o efeito estufa

Promover o crescimento de fitoplânctons, organismos aquáticos microscópicos que têm capacidade fotossintética e que vivem dispersos flutuando na água, para ajudar no sequestro de carbono pelo mar, tem ganhado espaço entre as estratégias para minimizar o efeito estufa. Um grupo de pesquisadores do Laboratório Bigelow de ciências oceânicas, nos Estados Unidos, desenvolveu um modelo para estimar os potenciais custos da fertilização com ferro em grande escala. Eles se concentraram nos parâmetros oceanográficos que provavelmente influenciarão a eficácia da abordagem, encontrando uma discrepância de custos de quase

100 vezes entre os cenários mais e menos favoráveis.

Os pesquisadores também descobriram que levar o ferro em aviões seria mais econômico do que usando navios. No entanto, eles observaram que garantir a fixação de carbono a longo prazo nas profundezas do oceano e monitorar os impactos ambientais poderiam acarretar custos significativos adicionais.

O custo de aprimorar esse processo em larga escala depende da quantidade de carbono que alcança as profundezas do oceano e permanece lá. “Pode-se induzir um florescimento de fitoplâncton com ferro com confiança, mas a questão é quanto do carbono é realmente

exportado para o oceano, não apenas em dias e semanas, mas em anos e décadas”, explicou Ben Twining, cientista sênior e coautor do estudo.

As incertezas sobre como o mar reagiria à fertilização com ferro e quão biologicamente eficiente o processo seria resultaram em uma ampla faixa de preços, desde apenas sete dólares por tonelada de carbono removido até 1.500 dólares por tonelada. Quando os custos de monitoramento são incluídos, esse valor pode aumentar de três a quatro vezes.

A fertilização com ferro, assim como várias outras estratégias de remoção de dióxido de carbono marinho, visa potencializar

um processo natural. A escassez de ferro é o principal fator limitante para o crescimento do fitoplâncton em quase um terço do oceano. Quando mesmo uma pequena quantidade desse nutriente é adicionada a esses ecossistemas, seja por processos naturais ou artificiais, estimula a proliferação do microrganismo, que absorve o dióxido de carbono dissolvido no oceano e, quando morre, pode afundá-lo no fundo do oceano em um futuro próximo. (I.A.)

» Leia no próximo domingo: Como as mudanças climáticas impactam na fauna, na flora e na cadeia alimentar marinha



Fitoplânctons ajudam no sequestro de carbono nas águas