

O Sol e o Oceano no equilíbrio climático do planeta

Suzana Kahn

Em recente editorial, O Globo destacou a importância econômica dos oceanos e a necessidade de ampliar investimentos da Defesa e da Marinha nesse campo estratégico. Mas existe uma dimensão ainda mais relevante: o papel central do oceano no equilíbrio climático da Terra e no enfrentamento das mudanças climáticas.

O Sol e o Oceano são protagonistas do clima na Terra. O Sol é a fonte de energia do planeta. O oceano, por sua vez, atua como regulador térmico global. Os oceanos prestam, de forma natural, serviços ambientais sem os quais a vida moderna seria inviável. Além de regular a temperatura, controlam ciclos biogeoquímicos e participam diretamente da manutenção das condições que tornaram possível o desenvolvimento da sociedade. Já o Sol, com sua radiação, aquece a superfície terrestre de forma desigual, impulsionando a circulação dos ventos e das correntes oceânicas, que distribuem calor ao redor do globo. A energia solar também é essencial para a fotossíntese, processo indispensável à vida na Terra.

A camada superior do oceano, até cerca de 700 metros de profundidade, vem absorvendo grande parte do excesso de calor acumulado na Terra. Isso ocorre não apenas por sua enorme massa em comparação com a atmosfera, mas também por sua circulação, que conecta a superfície ao oceano profundo.

O oceano contém cerca de 50 vezes mais carbono do que a atmosfera e, por isso, atua como um importante amortecedor climático, absorvendo parte significativa das emissões de carbono geradas pelas atividades humanas. Mais de 90% do excesso de calor retido pelo sistema climático em decorrência do aumento dos gases de efeito estufa tem sido absorvido pelos oceanos. Isso significa que a maior parte do aquecimento global não está ocorrendo diretamente na atmosfera, mas nas águas oceânicas. E o aumento da temperatura dos oceanos produz uma série de consequências que vão muito além do ambiente marinho.

Correntes oceânicas podem sofrer alterações, padrões de precipitação podem ser modificados e eventos climáticos extremos podem se tornar mais frequentes e severos. Furacões, ciclones tropicais e tempestades intensas retiram sua energia das águas quentes da superfície oceânica. Quanto maior a temperatura dessas águas, maior tende a ser o potencial energético disponível para esses fenômenos. Além de armazenar grande parte do excesso de calor acumulado no planeta, o oceano também retira da atmosfera enormes quantidades de dióxido de carbono. Sem essa capacidade de absorção, os efeitos das mudanças climáticas seriam muito mais intensos. Entretanto, essa capacidade de proteção contra o aumento da temperatura do planeta está chegando ao limite. À medida que o oceano absorve mais carbono, suas águas se tornam mais ácidas, comprometendo ecossistemas marinhos e reduzindo gradualmente sua própria capacidade de continuar capturando carbono.

É desse delicado equilíbrio energético que depende a estabilidade climática do planeta. Nas últimas décadas, esse sistema entrou em desequilíbrio. O aumento da

concentração de gases de efeito estufa passou a dificultar a liberação do calor para o espaço. Como consequência, a temperatura média do planeta vem aumentando continuamente.

Diante desse cenário, diversos países passaram a investir em tecnologias voltadas para ampliar a capacidade dos oceanos de remover carbono da atmosfera. São iniciativas associadas à chamada geoengenharia climática baseada nos oceanos. Entre as alternativas em estudo estão técnicas de fertilização oceânica, aumento da alcalinidade da água e restauração de ecossistemas marinhos para ampliar a capacidade de remoção e armazenamento de carbono. Essas alternativas, porém, ainda envolvem importantes incertezas. Intervenções em larga escala nos sistemas oceânicos podem produzir efeitos colaterais não previstos. Alterações em ciclos biológicos, impactos sobre cadeias alimentares e mudanças químicas nas águas estão entre as principais preocupações.

As grandes potências marítimas acompanham esse movimento de perto. Os Estados Unidos, por meio da United States Navy e da NOAA, financiam pesquisas sobre geoengenharia oceânica e clima. Já a Royal Navy, do Reino Unido, apoia experimentos de geoengenharia climática devido à importância estratégica do Ártico e aos impactos das mudanças climáticas sobre as rotas marítimas. A União Europeia vem ampliando investimentos em pesquisa e inovação associados aos oceanos. O Japão, altamente vulnerável aos efeitos do clima, investe em fertilização oceânica experimental, enquanto a China amplia sua atuação em pesquisas oceânicas profundas, com presença crescente no Ártico e no Pacífico. Alguns analistas já apontam a China como uma futura potência em geoengenharia climática.

O Brasil possui competências importantes nessa área. Pesquisadores brasileiros participam de redes internacionais de pesquisa, e a Marinha do Brasil opera navios oceanográficos fundamentais para a produção de conhecimento científico. **Nesse contexto, o conceito de Amazônia Azul, promovido pela Marinha do Brasil**, destaca a dimensão econômica, ambiental e estratégica da área marítima sob jurisdição nacional, cuja extensão é comparável à da Amazônia continental e concentra biodiversidade, recursos estratégicos e oportunidades científicas.

Apesar desses avanços, o foco nacional ainda permanece concentrado sobretudo em segurança e soberania marítima. Embora o Brasil tenha desenvolvido pesquisas relevantes sobre captura e armazenamento de carbono — tecnologia conhecida internacionalmente como Carbon Capture and Storage (CCS) — em reservatórios offshore associados ao pré-sal, ainda investimos pouco em estudos voltados para ampliar, de forma segura e sustentável, a capacidade do oceano de absorver carbono.

O Brasil reúne condições privilegiadas para participar desse movimento, combinando extensa costa, biodiversidade marinha e competência científica reconhecida internacionalmente. A integração entre oceanografia, ciência de dados e inteligência artificial tende a se tornar um dos campos mais relevantes da pesquisa climática nas próximas décadas. Uma estratégia nacional integrada para a ciência oceânica pode gerar benefícios para a economia, a segurança, a inovação tecnológica e a agenda climática. Investir em conhecimento sobre os oceanos não é apenas uma oportunidade

científica, mas uma estratégia de desenvolvimento capaz de posicionar o Brasil entre os protagonistas das soluções climáticas do século XXI.

** Suzana Kahn é diretora da Coppe/UFRJ*