

AS COMUNIDADES INTERNACIONAIS E A BUSCA PELA REDUÇÃO DA ACIDIFICAÇÃO DAS ÁGUAS OCEÂNICAS

João Pedro Mardegan Ribeiro¹

Resumo: Cada vez mais tem-se debatido acerca do processo de acidificação das águas oceânicas, uma vez que este fenômeno tem comprometido a qualidade de vida nos ecossistemas aquáticos. Assim, o objetivo do presente artigo foi reunir as principais contribuições das comunidades internacionais na busca pela redução desse processo. Para tanto, investigou-se de que maneira diferentes países, considerando suas especificidades, têm buscado mitigar a acidificação das águas e como as políticas internacionais vêm influenciando esse cenário. O critério adotado para a seleção dos artigos científicos e relatórios foram aqueles que trouxeram contribuições amplas e fundamentadas sobre as ações empreendidas pela comunidade internacional. Entre os resultados obtidos, observa-se que ainda há pouca produção na literatura específica sobre acidificação, já que grande parte das pesquisas permanece centrada nas mudanças climáticas de forma geral, relegando o tema a segundo plano e dificultando a elaboração de estratégias eficazes de mitigação e adaptação.

Palavras-chave: acidificação das águas; sustentabilidade; políticas internacionais.

INTERNATIONAL COMMUNITIES AND THE SEARCH TO REDUCE OCEAN ACIDIFICATION

Abstract: The process of ocean acidification has been increasingly debated, as this phenomenon has compromised the quality of life in aquatic ecosystems. Therefore, the objective of this article was to gather the main contributions of international communities in the quest to reduce this process. To this end, we investigated how different countries, considering their specificities, have sought to mitigate water acidification and how international policies have influenced this scenario. The criteria adopted for selecting scientific articles and reports were those that provided broad and well-founded contributions on the actions undertaken by the international community. Among the results obtained, we note that there is still little literature specifically on acidification, as much of the research remains focused on climate change in general, relegating the topic to the background and hindering the development of effective mitigation and adaptation strategies.

Keywords: water acidification; sustainability; international policies.

¹ Mestre. Faculdade de Ciências – Campus Bauru. Universidade Estadual Paulista (UNESP). Email: jpedromardegan@gmail.com

INTRODUÇÃO

Mais de quinze anos atrás Molion (2008) indicava que ao longo das últimas décadas, as mudanças climáticas têm se intensificado em escala global, provocando impactos significativos tanto nos ecossistemas terrestres quanto nos aquáticos. Esse fenômeno está diretamente associado ao aumento da temperatura média do planeta, decorrente, principalmente, da intensificação do efeito estufa provocado pelas atividades humanas. Ainda, em complemento, pode-se dizer que a elevação térmica global altera padrões climáticos, desestabiliza cadeias ecológicas e compromete a sobrevivência de diversas espécies, evidenciando a urgência de ações mitigadoras e adaptativas frente à crise climática contemporânea.

Desde o período compreendido como Revolução Industrial, é notório destacar que houve um aumento significativo na presença de problemáticas ambientais à nível global. Ainda, este período marcou o início de uma intensa exploração dos recursos naturais, impulsionada, principalmente, pelo avanço do uso do maquinário, pela urbanização acelerada e pelo crescimento industrial. A queima dos combustíveis fósseis, como carvão e petróleo, aliada à expansão e crescimento exponencial e desenfreado das cidades e da produção em larga escala, contribuiu diretamente para a emissão de gases de efeito estufa, o desmatamento e a poluição dos solos, das águas e do ar. Este processo transformou de forma profunda as relações entre a sociedade e a natureza, colocando em risco a sustentabilidade ambiental e a qualidade de vida das gerações presentes e futuras.

Um dos impactos mais preocupantes desse processo está associado à poluição das águas, que, de fato, se intensificou de forma considerável após a revolução industrial. Isso porque, devido ao crescimento das indústrias, aumentou a quantidade de volumes de resíduos químicos que passaram a ser despejados em rios, lagos e oceanos, sem que houvesse um tratamento devido. Além disso, o avanço das cidades sem infraestrutura adequada contribuiu para o lançamento de esgoto doméstico diretamente nos cursos d'água, agravando ainda mais a contaminação. Essa poluição compromete o abastecimento de água potável, prejudica a fauna e flora aquática, e também reduz a qualidade dos ecossistemas hídricos, colocando em risco a saúde humana.

Ainda, a presença de metais pesados, de detergentes, plásticos e outros poluentes nas águas afeta não apenas o meio ambiente, mas também comunidades ribeirinhas e populações que dependem diretamente desses recursos. Deste modo, é notório destacar que a poluição hídrica é uma problemática complexa, cujas causas estão enraizadas no modelo de desenvolvimento industrial e urbano adotado ao longo dos séculos. E, diante desse cenário, é essencial que se tenha a implementação de políticas públicas eficientes de saneamento básico, fiscalização ambiental, e educação da população quanto ao uso consciente da água e o descarte adequado de resíduos.

Além disso, outro desdobramento preocupante do modelo industrial intensificado desde o século XVIII, e que será discutido ao longo deste trabalho, é a acidificação das águas oceânicas. Esse fenômeno está cada vez mais em pauta nas pesquisas acadêmicas, já que afeta de forma profunda os ecossistemas marinhos, especialmente organismos calcificantes, como os corais, moluscos e certos tipos de plâncton, que têm dificuldades em formar suas estruturas de carbonato de cálcio. Assim, esse fenômeno compromete cadeias alimentares inteiras e ameaça a biodiversidade marinha. Em relação a população humana, a acidificação prejudica aqueles que dependem da pesca e da vida marinha para subsistência, resultando, então, em problemáticas de ordem econômica e social.

Esse fenômeno resulta, principalmente, do aumento da concentração de dióxido de carbono (CO_2) na atmosfera, proveniente da queima de combustíveis fósseis. Os oceanos são responsáveis por atuarem como reguladores climáticos do planeta Terra, ao absorverem cerca

de 30% desse CO₂. Contudo, ao reagir com a água do mar, esse gás forma o ácido carbônico, resultando na redução do pH das águas oceânicas, demonstrando que os índices de poluição estão desgastando os ambientes naturais do planeta. Assim, é evidente que essa problemática ambiental, que aparentemente é silenciosa e progressiva está diretamente associada ao avanço industrial e a falta de controle das emissões de gases de efeito estufa. Compreende-se, então, que há de ser necessário haver um enfrentamento e esforços globais voltados a redução de tais emissões, bem como a proteção das áreas marinhas, e incentivo a práticas produtivas sustentáveis.

Diante desse cenário, este trabalho tem como objetivo discutir de que forma a comunidade internacional tem compreendido essa problemática e buscado alternativas para mitigar essa situação crítica.

METODOLOGIA

O presente trabalho configura-se como revisão bibliográfica de caráter narrativo e qualitativo, fundamentando-se em obras presentes na literatura acadêmica nacional e internacional que oferecem suporte teórico para a produção acadêmica e científica. Assim, o objetivo maior do trabalho foi compreender a complexidade do tema “acidificação das águas oceânicas” sob uma perspectiva plural, analisando como as comunidades internacionais têm buscado reverter tal cenário crítico. Em consonância com as ponderações colocadas por Gil (2021), a presente investigação concentrou-se na análise aprofundada de artigos científicos, dissertações e teses, bem como noticiários relacionados a debater sobre a acidificação das águas oceânicas, e o que as comunidades internacionais têm feito para reverter tal cenário, ancorado nos princípios de inovação tecnológica, sustentabilidade ambiental, todos estes organizando as informações de acordo com critérios de confiabilidade e relevância.

Ainda, a seleção das fontes ocorreu predominantemente em bases eletrônicas de amplo reconhecimento acadêmico, sendo estas: Google Acadêmico, Periódicos da Capes, SciELO, Elsevier e Scopus. Além disso, tal processo foi conduzido em consonância com o que Marconi e Lakatos (2004) descrevem como procedimento metódico de coleta, avaliação e síntese de dados, assegurando que a interpretação dos materiais de investigação seja sustentada por critérios claros de confiabilidade. A busca, para este trabalho, foi orientada pelas palavras-chaves: acidificação; acidificação das águas; acidificação dos oceanos. sem aplicação de filtros temporais, uma vez que pesquisas nesta área são raras e recentes.

Além disso, foram adotados, como critérios de inclusão dos trabalhos analisados, aqueles publicados em português e inglês, que possibilitessem uma compreensão mais abrangente acerca da questão da acidificação nas águas oceânicas.

Ainda, tem-se que o processo de classificação dos materiais para análise foi guiado pelas recomendações propostas por Marconi e Lakatos (2004), realizando uma leitura mais analítica dos textos, identificando palavras-chave e realizando agrupamentos conforme as caracterizações identificadas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O fenômeno da acidificação das águas oceânicas

Conforme indica Owen e Walker (1999) os oceanos cobrem aproximadamente 70% do planeta Terra, e sua influência na manutenção do planeta remete desde seu surgimento, há aproximadamente 4,6 bilhões de anos atrás. Em complemento, sobre a importância dos oceanos, Bollmann et al. (2010) destacam que estes atuam na regulação climática do planeta, sendo

responsável por aproximadamente 86% da evaporação global, que é fundamental pelas trocas de calor que regulam as condições climáticas. Além das questões climáticas, Cooley et al. (2009) evidenciam que os oceanos são responsáveis por fornecer uma variedade muito grande de serviços e produtos relativos principalmente a medicamentos, recursos minerais e energéticos.

Barradas (2020) destaca que é evidente que os oceanos exercem importância para a manutenção do planeta e das populações que nele residem; contudo, há grande descaso com estes. Isso porque os impactos das atividades humanas nos oceanos não remetem somente às populações costeiras que vivem nas proximidades destes locais, mas também às de locais distantes, cujas problemáticas são trazidas pelos regimes das chuvas, pelos cursos dos rios, e pelos ventos.

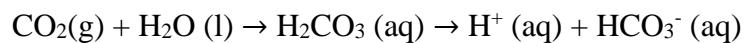
Além disso, em relação aos oceanos, tem-se que estes desempenham um papel fundamental na regulação do clima global, absorvendo grande parte do calor proveniente da atmosfera. Contudo, ao longo dos anos, esse processo de absorção térmica tem resultado em um aquecimento progressivo das massas oceânicas, especialmente nas camadas superficiais. Tal aquecimento, segundo Porteus et al. (2018), tem causado impactos significativos nas camadas subsuperficiais dos oceanos, provocando alterações em sua estrutura física e química, além de comprometer a integridade dos ecossistemas marinhos. Essas alterações afetam diretamente a circulação termohalina, os ciclos biogeoquímicos e a biodiversidade, representando uma ameaça crescente à estabilidade ambiental marinha.

Espécies marinhas que habitam ambientes com temperaturas elevadas e fora de sua faixa ideal de tolerância fisiológica tendem a sofrer um maior desgaste energético para manter funções vitais como locomoção, alimentação e reprodução. Esse aumento na demanda metabólica, conforme aponta Ishimatsu (2004), compromete a imuno competência dos organismos aquáticos, tornando-os mais vulneráveis a infecções, parasitoses e outras doenças.

Além disso, os impactos do aquecimento global sobre os oceanos não se restringem à elevação térmica. De acordo com Sodré et al. (2016), a intensificação das emissões antrópicas de dióxido de carbono (CO_2) tem provocado sua maior absorção pelos oceanos. Esse processo desencadeia uma reação química entre o CO_2 e a água (H_2O), resultando na formação de ácido carbônico (H_2CO_3). A dissociação desse composto libera íons hidrogênio (H^+), que reduzem o pH da água marinha, caracterizando o fenômeno da acidificação dos oceanos. Tal acidificação afeta profundamente a calcificação de organismos como corais, moluscos e equinodermos, desestruturando cadeias alimentares e comprometendo a biodiversidade marinha.

A questão da acidificação das águas, especialmente dos oceanos, tem sido um processo ambiental largamente debatido dada a grande relevância científica e ecológica. Essa acidificação consiste na redução do pH dos corpos hídricos, causada, principalmente, pela absorção de dióxido de carbono (CO_2) da atmosfera.

Assim, de forma geral, esse processo de acidificação ocorre quando o CO_2 atmosférico entra em contato com a superfície da água, dissolvendo-se e reagindo com as moléculas de água (H_2O), resultando na formação do ácido carbônico (H_2CO_3). Esse ácido formado é fraco; contudo, ele dissocia parcialmente, liberando íons de hidrogênio (H^+) e bicarbonato (HCO_3^-), fazendo com que se tenha a redução do pH da água. A reação abaixo explica o fenômeno:



O aumento das emissões de CO_2 resultantes das atividades humanas tem intensificado este fenômeno, principalmente com a queima de combustíveis fósseis, o desmatamento e os processos industriais. Potts e Hasting (2011) colocam que a produção de lixo tem sido um dos problemas que mais tem afetado a qualidade das águas marinhas e oceânicas, isso porque os lixos e dejetos que são descartados nestas águas podem viajar milhares de quilômetros devido

as ações das forças dos ventos e correntes marinhas, evidenciando que impactos locais podem, também, contribuir na geração de problemas de ordem global.

Rabalais et al. (2009) complementam afirmando que o aumento das concentrações de dióxido de carbono na atmosfera e no oceano, está resultando em alterações significativas nas águas oceânicas, tal como a acidificação, o aquecimento e a elevação do nível do mar.

Além disso, estudos recentes apontam que a acidificação dos oceanos já alcançou um aumento de aproximadamente 26% em relação aos níveis observados antes da Revolução Industrial (IPCC, 2021). Projeções indicam que, caso as emissões de dióxido de carbono (CO_2) mantenham-se elevadas, a acidez dos oceanos poderá atingir um incremento de até 170% até o final do século XXI (Caldeira & Wickett, 2005; Doney et al., 2009).

Para investigar os possíveis impactos desse fenômeno, pesquisadores utilizam grandes cápsulas submersas que simulam as condições previstas para os próximos anos (Gattuso & Hansson, 2011). Os resultados desses experimentos demonstram que o aumento da acidificação prejudica significativamente organismos calcificantes, como os corais construtores de recifes, além de afetar moluscos, caracóis, ouriços-do-mar, estrelas-do-mar e diversas espécies de peixes e outros organismos marinhos (Fabry et al., 2008; Kroeker et al., 2013).

A diminuição da disponibilidade de carbonato de cálcio compromete a formação de estruturas esqueléticas e conchas, levando à redução da competitividade e da sobrevivência de muitas dessas espécies, o que poderá resultar em profundas alterações na composição e na biodiversidade dos ecossistemas marinhos (Doney et al., 2009; Gattuso et al., 2015).

Mesmo com tais condições expressas pelas pesquisas, ainda há de ser necessário um diálogo amplo com a sociedade civil sobre tais condições, uma vez que nota-se, em muitos países, parcela da população com negacionismo climático. Conforme apontam Rizzotto, Costa e Lobato (2024), ainda persiste, tanto pela sociedade civil, como também pelos agentes políticos, uma postura de negacionismo climático, ignorando alertas, evidências científicas e o consenso entre pesquisadores acerca da urgência das demandas ambientais. Tal postura recusa-se a reconhecer que a frequência e a intensidade dos eventos extremos têm aumentado significativamente nos últimos tempos como consequência do aquecimento global, resultante, principalmente, de atividades antropogênicas. Os autores ainda colocam que, a exemplo disso, tem o ocorrido recentemente no Rio Grande do Sul, que enfrentou uma severa enchente em 2023 e, em 2024, houve uma situação ainda mais alarmante, onde o estado vivenciou a maior enchente de sua história, ocasionando impactos expressivos tanto ao meio ambiente quanto a sociedade civil como um todo.

Acordos internacionais

No conjunto dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecido pela Cúpula das Nações Unidas, o décimo quarto refere-se à conservação e ao uso sustentável dos oceanos, mares e recursos marinhos. Conforme indica os documentos oficiais das Nações Unidas, os oceanos estão sob intensas ameaças devido a poluição, aquecimento, atividades pesqueiras, eutrofização, e também a acidificação (United Nations, 2021). Assim, como estes são ambientes reguladores das condições climáticas no planeta Terra, bem como são fontes de vida, devem ser preservados e adotado medidas que mitiguem as problemáticas ambientais neste contexto. Logo, é necessário compreender o que se tem feito para reverter o cenário de acidificação das águas, para que assim, estratégias sejam criadas a nível global.

Dada a urgência da busca pela redução da acidificação das águas oceânicas, as comunidades internacionais tem adotado uma série de medidas, acordos e estratégias para combater este fenômeno. Neste artigo, debate-se a questão da redução da acidificação em três vertentes: 1. Os acordos internacionais; 2. Os investimentos em pesquisas; 3. As políticas

públicas nacionais e regionais. Estes, expressam o que se tem feito para mitigação da problemática, bem como as potencialidades associadas.

Os acordos internacionais são uma das ferramentas mais poderosas no combate à acidificação das águas oceânicas, principalmente quando estes acordos saem do campo teórico e realmente são adotados pelos países. A exemplo disso, o acordo de Paris, firmado em 2015, embora tenha focalizado na redução das emissões de gases de efeito estufa, foi essencial no combate à acidificação dos oceanos, uma vez que, neste acordo, houve uma busca por limitar o aquecimento global a 1,5°C, o que resulta na redução da liberação de CO₂.

Além disso, dentre os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), há o ODS 14, que é vida na água. Neste objetivo há destaque para ações específicas que tem por objetivo reduzir a acidificação das águas oceânicas e seus impactos, auxiliando no desenvolvimento de pesquisas científicas e políticas públicas globais que valorizem a busca por mudanças neste cenário.

Há também a Aliança Internacional para Combater a Acidificação dos Oceanos, liderada pela Pacific Coast Collaborative, que é uma integração de pesquisadores dos Estados Unidos e do Canadá, que tem trabalhado na adaptação, conscientização pública, e reafirmado, no cenário internacional, a importância da busca pela redução da acidificação das águas.

Ainda, o Centro Internacional de Coordenação de Acidificação dos Oceanos (OA-ICC), que foi criado pela Agência Internacional de Energia Atômica, integra pesquisas científicas internacionais e capacita países sobre a temática.

Uma das iniciativas internacionais em relação ao combate à acidificação e poluição das águas oceânicas é a agenda internacional para a conservação do meio ambiente, como a Década Oceânica (2021-2030), que tem como objetivo principal gerar sensibilização na população, mobilizando a sociedade civil como um todo para atuar na melhoria da saúde das águas, gerando, além disso, reflexões e necessidades de mudanças (UNESCO, 2021).

Alguns países também, como os membros da União Europeia, Japão, Austrália e outros parceiros tem promovido o hidrogênio verde como um vetor de descarbonização.

Para Bendiek e Sturzer (2022), os Estados Unidos e a União Europeia possuem um acordo denominado EU-US Trade and Technology Council, que é mais do que um fórum econômico, uma vez que tem atuado como uma plataforma de cooperação estratégica na busca pela descarbonização, desenvolvendo conjuntamente tecnologias de baixo carbono, tais como baterias, hidrogênio verde e captura de carbono, bem como acordos sobre minerais críticos, que são necessários para energias renováveis e veículos elétricos.

Investimentos em pesquisas científicas e as políticas nacionais e internacionais

Há redes de investimento em pesquisas científicas que fazem monitoramento contínuo, a nível global, das condições das águas oceânicas; a exemplo disso tem-se a GOA-ON (Global Ocean Acidification Observing Network), que tem por objetivo coletar dados contínuos acerca dos níveis de pH, alcalinidade e concentração de CO₂ nas águas oceânicas.

Ainda, há alguns programas regionais, como o Pacífico Norte e a Antártica, que recebem atenção especial devido à sensibilidade à acidificação.

No Brasil, universidades como a Universidade de São Paulo (USP) e a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) tem realizado experimentos inéditos, como incubação bentônica em Ubatuba, analisando alterações nos processos de remineralização sob redução de pH. Além disso, o país cobriu cerca de 27% de suas águas jurisdicionais com unidades de conservação marinhas, alinhando essa política aos objetivos da ONU.

Ainda, na universidade Ocean University of China, há estudos acerca das variações sazonais de pH e os impactos nos organismos bentônicos, e também projetos que investigam

comportamentos alternados em mariscos como Manila clam, o que resulta na possibilidade de analisar os efeitos da acidificação a nível molecular e comportamental.

Segundo Skjærseth, Andresen, Bang & Heggelund (2021), a China tem feito altos investimentos em planos estratégicos, principalmente criando ideias como o Made in China, que incluem o investimento em veículos novos de energia e energia renovável, focando principalmente no alto potencial das tecnologias.

Há alguns planos de ação nacionais que foram implementados por alguns países, como os Estados Unidos da América, o Canadá, a Noruega e a Nova Zelândia. Nos planos destacados por estes países, há políticas em prol da redução das emissões de carbono, a proteção de ecossistemas costeiros, como os recifes e manguezais, e apoios a comunidades costeiras e pescadores afetados pelas mudanças químicas da água.

Programas regionais também têm influenciado diretamente; a exemplo disso, têm-se programas focados em ciência cidadã, como comunidades ao redor do planeta que estão desenvolvendo e articulando ideias em prol do monitoramento da água e da observação dos efeitos da acidificação na vida marinha, coletando dados importantes e conscientizando comunidades em seus bairros. Bem como, há esforços de conservação costeira, com a proteção de ecossistemas vulneráveis, tais como os recifes de corais, adotando, como medidas, práticas de pesca sustentáveis.

No Brasil, por exemplo, algumas políticas governamentais tem buscado monitorar as alterações químicas das águas para buscar alternativas e mudanças. Por exemplo, o REMARCO, apoiado pela OIEA, tem utilizado técnicas nucleares e isótopos para aprimorar o monitoramento de estressores marinhos, incluindo a acidificação.

A China tem adotado sistemas avançados de monitoramento das águas. Por meio de políticas públicas, foi implementada uma rede nacional de monitoramento de gases de efeito estufa no Mar da China Meridional, que tem padrões internacionais de alta precisão, além de que o país construiu mais de 1600 estações costeiras para monitorar com precisão os valores de pH, temperatura, oxigênio e poluentes presentes nas águas que circundam o país.

Na Noruega há um monitoramento avançado do oceano, com investimentos em redes de observação marinha no Ártico e no Atlântico Norte, além de possuir uma política climática agressiva que, mesmo de forma indireta, está combatendo a acidificação dos oceanos.

Na Nova Zelândia, tem-se investido na proteção de ecossistemas costeiros, protegendo e preservando habitats que são sensíveis à acidificação, bem como há parcerias com comunidades indígenas, integrando conhecimento tradicional com a ciência oceânica, e também por meio de processos educativos, em que a população pode participar das ações promovidas pela esfera pública.

Países pertencentes à União Europeia, principalmente a Alemanha e a França, estão desenvolvendo um projeto de nome Oceans and Climate que é responsável por coordenar estudos e políticas públicas relacionadas à acidificação, além de que há metas climáticas ambiciosas para redução de CO₂ visando frear impactos nos mares; ainda há o financiamento de pesquisas interdisciplinares apoiando iniciativas como EURO-BASIN e BIOACID.

Ainda, segundo Skjærseth, Andresen, Bang e Heggelund (2021), países membros da União Europeia têm feito altos investimentos em políticas de desenvolvimento de baixo carbono, criando estratégias, como por exemplo o SET-Plan, bem como esforços coordenados pelo governo.

Logo, nota-se que as comunidades internacionais tem buscado alternativas para a redução da acidificação das águas oceânicas dada a urgência desta condição.

CONCLUSÃO

Ao analisar a literatura científica internacional, observa-se que ainda são escassas as pesquisas voltadas à acidificação dos oceanos. Esse cenário evidencia a urgência de um maior engajamento da comunidade internacional, tanto na produção de conhecimento quanto na formulação de estratégias que visem mitigar esse fenômeno. Considerando que grande parte da população mundial depende direta ou indiretamente da qualidade e estabilidade dos ecossistemas marinhos, torna-se essencial ampliar os investimentos em pesquisa científica para compreender e enfrentar os impactos da acidificação oceânica.

Conforme indicam os resultados, e diante dos impactos cada vez mais visíveis da acidificação das águas oceânicas, é evidente que a preservação dos ecossistemas marinhos exige ações integradas, associadas, principalmente, à cooperação internacional e ao compromisso político efetivo. Os acordos internacionais, tais como o Acordo de Paris, a Década Oceânica (2021 – 2030), demonstram que há esforços globais para a redução das emissões de dióxido de carbono, fortalecendo pesquisas científicas e promovendo a conscientização pública.

Todavia, as políticas internacionais e os acordos de cooperação precisam avançar para além do plano discursivo, partindo para implementações mais concretas, assegurando mecanismos de monitoramento, financiamento contínuo e capacitação de países ainda em desenvolvimento científico e tecnológico. Diante disso, destaca-se que há de ser necessário garantir a saúde dos oceanos, uma vez que esta significa assegurar a estabilidade climática e a manutenção da biodiversidade marinha, como a sobrevivência de milhões de pessoas que dependem desses ambientes para subsistência, alimentação e economia.

Além disso, as pesquisas têm destacado que as estratégias de mitigação da acidificação das águas oceânicas perpassam a esfera da diplomacia ambiental, indo para as inovações tecnológicas, desenvolvimento de energias limpas e também o fortalecimento de políticas públicas nacionais e regionais. Ou seja, o enfrentamento e combate à acidificação dos oceanos é um desafio de ordem global, que requer ações integradas, contínuas e equitativas, e, de fato, somente com a união da ciência, da governança – subsidiada pela política, e a participação social, é que será possível reverter os danos já instaurados ao meio ambiente e garantir sustentabilidade para as futuras gerações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BARRADAS, Juliana Imenis. **Os oceanos como instrumento de educação ambiental: The oceans as tools to environmental education.** RENCI Ma: Revista de Ensino de Ciências e Matemática, Edição Especial, v. 11, n. 2, p. 24-33, 2020.
- BENDIEK, Annegret; STÜRZER, Isabella. **Advancing European internal and external digital sovereignty:** The Brussels effect and the EU-US Trade and Technology Council. 2022.
- BOLLMANN, Michael, et al. **World Ocean Review:** Living with the Oceans. 2010. Disponível em: http://aquaticcommons.org/15582/1/wor1_english.pdf. Acesso em: 21 out. 2024.
- COOLEY, Sarah R.; KITE-POWELL, Hauke L.; DONEY, Scott C. Ocean acidification's potential to alter global marine ecosystem services. **Oceanography**, v. 22, n. 4, p. 172-181, 2009.
- DONEY, Scott C.; FABRY, Victoria J.; FEELY, Richard A.; KLEYPAS, Joan A. Ocean acidification: The other CO₂ problem. **Annual Review of Marine Science**, v. 1, p. 169-192, 2009.
- FABRY, Victoria J.; SEIBEL, Brad A.; FEELY, Richard A.; ORR, James C. Impacts of ocean acidification on marine fauna and ecosystem processes. **ICES Journal of Marine Science**, v. 65, n. 3, p. 414–432, 2008.
- GATTUSO, Jean-Pierre; HANSSON, Lina (Eds.). **Ocean Acidification.** Oxford: Oxford University Press, 2011.
- GATTUSO, Jean-Pierre; MAGNAN, Alexandre; BILLÉ, Raphaël; et al. Contrasting futures for ocean and society from different anthropogenic CO₂ emissions scenarios. **Science**, v. 349, n. 6243, artigo aac4722, 2015.
- GIL, Antonio Carlos. Como fazer pesquisa qualitativa. **São Paulo: Atlas**, v. 1, p. 15, 2021.
- ISHIMATSU, Atsushi et al. Effects of CO₂ on marine fish: larvae and adults. **Journal of oceanography**, v. 60, n. 4, p. 731-741, 2004.
- IPCC. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis.** Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2021.
- MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia científica.** São Paulo: Atlas, 2004.
- MOLION, Luiz Carlos Baldicero. Aquecimento global: uma visão crítica. **Revista brasileira de climatologia**, v. 3, 2008.
- OWEN, Thomas; WALKER, James C. What do we know about the origin of the Earth's oceans? **Scientific American**, n. 1–6, 1999.

PORTEUS, Cosima S. et al. Near-future CO₂ levels impair the olfactory system of a marine fish. **Nature Climate Change**, v. 8, n. 8, p. 737-743, 2018.

POTTS, Tracey; HASTINGS, Emma. **Marine litter: Issues, impacts and actions**. Edinburgh: Scottish Government, 2011. 119 p.

RABALAIS, Nancy N. R.; TURNER, R. E.; DIAZ, Juan D. Global change and eutrophication of coastal waters. **Journal of Marine Science**, v. 66, p. 1528–1531, 2009.

RIZZOTTO, Maria Lucia Frizon; COSTA, Ana Maria; LOBATO, Lenaura de Vasconcelos da Costa. Crise climática e os novos desafios para os sistemas de saúde: o caso das enchentes no Rio Grande do Sul/Brasil. **Saúde em Debate**, v. 48, p. e141ED, 2024.

SKJÆRSETH, Jon Birger et al. The Paris agreement and key actors' domestic climate policy mixes: comparative patterns. **International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics**, v. 21, n. 1, p. 59-73, 2021.

SODRÉ, Camila Fernanda Lima; SILVA, Yuri Jorge Almeida; MONTEIRO, Isabella Paerce. Acidificação dos Oceanos: fenômeno, consequências e necessidades de uma governança ambiental global. **Revista Científica do Centro de Estudos em Desenvolvimento Sustentável da UNB**, v. 1, n. 4, 2016

UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura). **Década da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável é lançada oficialmente hoje (20) para destacar a urgência na proteção do maior bioma do planeta**. 2021. Disponível em: <https://pt.unesco.org/news/decada-da-ciencia-oceanica-para-o-desenvolvimento-sustentavel-e-lancada-oficialmente-hoje-20-destacar>. Acesso em: 23 nov. 2021.

United Nations. The sustainable development goals report 2020. **New York**: United Nations Publications. 2020.