

A EXPANSÃO DA PESQUISA SOBRE CAPTURA DE CO₂ POR MICROALGAS NO BRASIL

DANIELE MARTIN SAMPAIO¹; RAFAEL MIRITZ BARTZ²; MAURIZIO SILVEIRA QUADRO³

¹Universidade Federal de Pelotas – dmartinsampaio@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – rafaelmiritz@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – mausq@hotmail.com

1. INTRODUÇÃO

As microalgas, com um número estimado de 30.000 a 1.000.000 de espécies, são microrganismos fotossintéticos bastante estudados devido à sua capacidade de fixar naturalmente gás carbônico (CO₂) a taxas de 10 a 50 vezes superiores às plantas terrestres (MIRANDA *et al.*, 2022). Essas características ecológicas, somadas ao potencial de utilização dessa biomassa em biocombustíveis, alimentos, cosméticos e produtos farmacêuticos, têm despertado crescente interesse desde o início das pesquisas no Ocidente, em meados da década de 1950, quando os primeiros sistemas de cultivo em laboratório e escala industrial foram desenvolvidos (OSWALD *et al.*, 1957; OSWALD, W J.; GOLUEKE, 1960). Com o passar dos anos, o foco da pesquisa diversificou-se, abrangendo não apenas a descoberta de novas cepas, mas também o controle da produção de compostos de alto valor agregado e o desenvolvimento de biotecnologias inovadoras para sua aplicação sustentável (YOU *et al.*, 2022).

Atualmente, o esforço de pesquisa se concentra na modelagem da produtividade das microalgas e no desenvolvimento de aplicações inovadoras e sustentáveis (RUMIN *et al.*, 2020). O continente americano, e particularmente o Brasil, tem demonstrado grande potencial para investigação, inovação e desenvolvimento científico nesse campo. No entanto, falta uma análise bibliométrica detalhada que explore a participação do Brasil no contexto global e continental. Assim, o objetivo deste estudo é preencher essa lacuna, oferecendo uma análise comparativa da produção científica brasileira em relação às publicações mundiais e americanas. Essa análise busca fornecer uma visão intuitiva e detalhada das cooperações científicas e das fronteiras de pesquisa.

2. METODOLOGIA

Esse estudo baseou-se na análise de publicações indexadas em inglês até o ano de 2023 nas bases de dados *Web of Science (Science Citation Index Expanded)* e *Scopus*. A estratégia de busca empregada nas bases utilizou a seguinte equação central: TITLE-ABS-KEY (microalgae) AND TITLE-ABS-KEY (capture) AND TITLE-ABS-KEY ("CO₂" OR "carbon dioxide") AND PUBYEAR < 2024 AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, "ar")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE, "English")).

Após a aplicação da equação de busca, os resultados foram separados com base nos países de publicação e separados em três categorias de análise: publicações globais (todos os países), publicações americanas (incluindo América do Norte, Central e do Sul) e publicações brasileiras. Ressalta-se que as informações extraídas foram categorizadas de acordo com o endereço de afiliação do autor correspondente. Para o tratamento dos dados, utilizou-se o pacote

Bibliometrix, disponível no software Rstudio (versão x64 4.4.1) e desenvolvido por ARIA; CUCCURULLO (2017).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta o número de artigos científicos publicados sobre a captura de CO₂ em níveis mundial, americano e brasileiro desde a década de 1990. Um total de 671 artigos foram publicados, dos quais 193 incluíram autores do continente americano (28% da produção mundial) e 33 do Brasil (17% da produção americana, 5% da produção mundial).

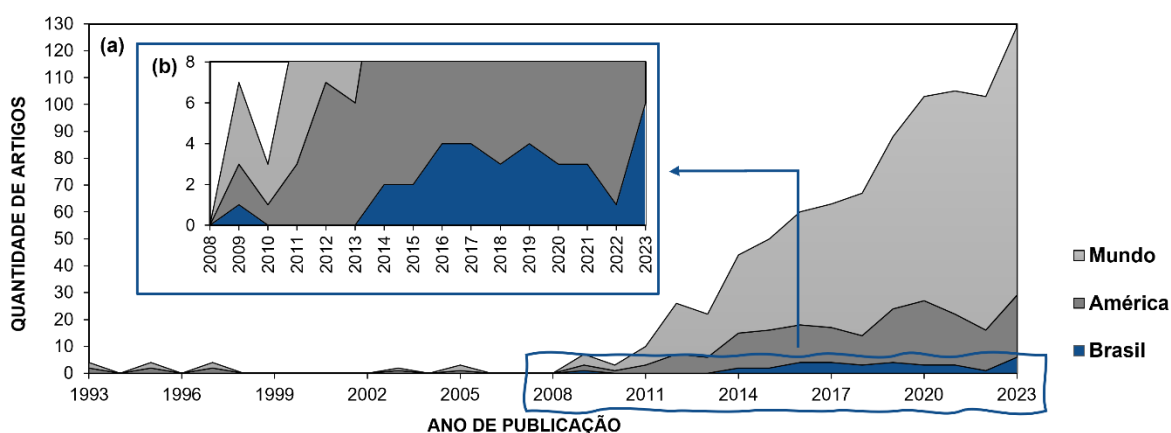


Figura 1 (a) Evolução temporal do número de publicações entre os anos de 1993 e 2023, considerando três níveis geográficos: mundial (cinza claro), continente americano (cinza escuro) e Brasil (azul). (b) Zoom do gráfico focado especificamente nas publicações do Brasil.

Os resultados que o Brasil e o continente americano seguem a tendência global do crescimento da publicação, com um aumento expressivo a partir de 2009. Essa mudança é especialmente perceptível na inclinação acentuada da curva mundial sinalizando o ponto de virada considerável que dá origem ao aumento mais expressivo das investigações de captura de CO₂ por microalgas. Apesar do menor volume de publicação, o gráfico brasileiro mostra um crescimento contínuo e uma aceleração recente, sugerindo uma maior integração do país nas discussões globais sobre o tema.

A análise das colaborações científicas e das publicações brasileiras sobre a captura de CO₂ por microalgas pode ser dividida em dois eixos principais: o mapa das colaborações internacionais (Figura 2) e a análise dos principais conceitos, autores e suas filiações (Figura 3).



Figura 2 Principais países colaboradores científicos em publicações brasileiras sobre captura de CO₂ por microalgas.

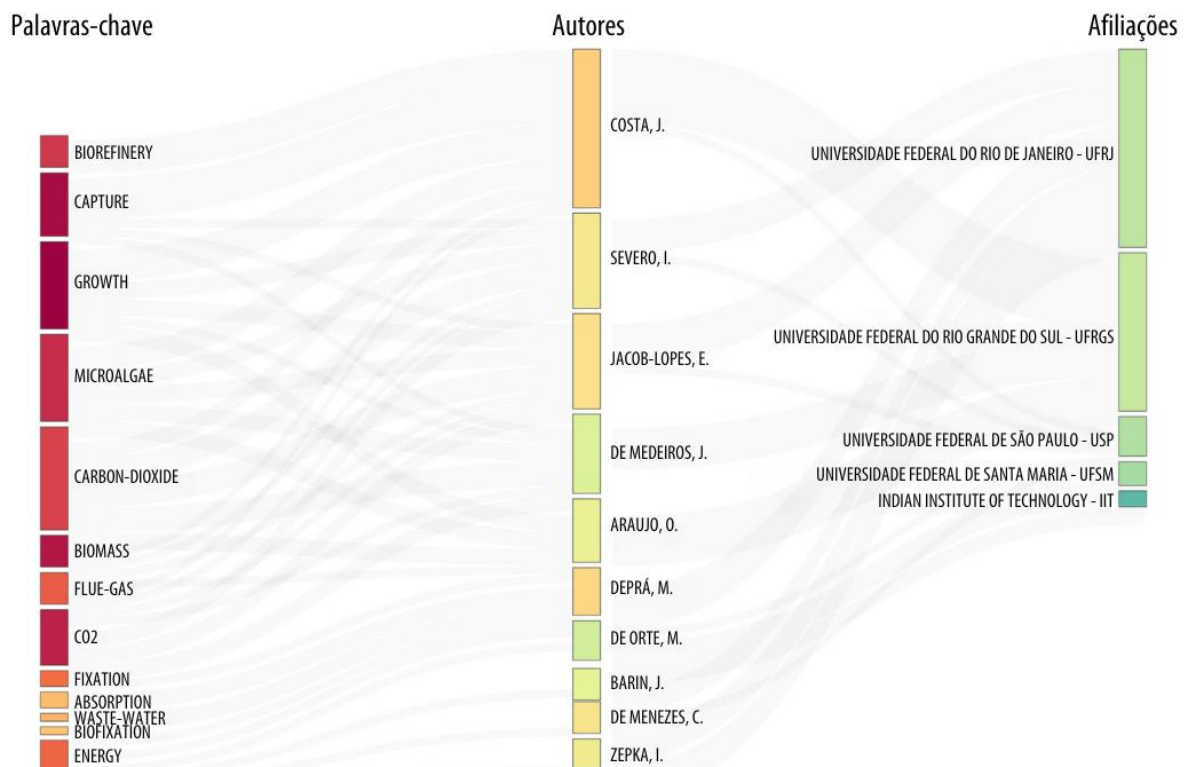


Figura 3 Gráfico de três campos (diagrama de Sankey): conceitos mais utilizados nas publicações brasileiras, autores com maior número de contribuições e suas respectivas afiliações institucionais.

Na Figura 2, observa-se que o Brasil tem uma rede de parcerias científicas que envolve países da América do Norte, Europa e Ásia. As colaborações mais fortes, indicadas pelas linhas mais espessas, estão concentradas em países como Reino Unido, Espanha e Índia. Essas colaborações demonstram a inserção do Brasil em redes globais de pesquisa e indicam a importância de esforços cooperativos para o avanço de tecnologias, principalmente em áreas como biotecnologia e sustentabilidade ambiental. Corroborando, a Figura 3 reforça essa

análise ao revelar os tópicos mais recorrentes nas publicações brasileiras e os pesquisadores que lideram esses estudos.

4. CONCLUSÕES

O estudo destaca o crescimento das pesquisas sobre captura de CO₂ por microalgas no Brasil. A partir dos dados, fica evidente que o interesse global por esse campo de pesquisa tem se intensificado, com uma aceleração visível nas taxas de publicação científica. No contexto brasileiro, embora o volume de publicações seja menor em comparação ao cenário global e continental, observa-se um aumento constante, com um número crescente de colaborações internacionais, principalmente com países como Reino Unido, Espanha e Índia. Com isso, os resultados fornecem não somente uma visão geral das tendências e colaborações, uma oportunidade para identificar novas conexões, parcerias e, conseqüentemente, para aumentar a cota parta científica brasileira, mas também permitirão que os pesquisadores brasileiros se aproximem e estabeleçam se fortaleçam parcerias com campos e áreas de pesquisa fora do Brasil.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARIA, M.; CUCCURULLO, C. bibliometrix : An R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of Informetrics**, vol. 11, nº 4, p. 959–975, nov. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>.

MIRANDA, A. M.; HERNANDEZ-TENORIO, F.; OCAMPO, D.; VARGAS, G. J.; SÁEZ, A. A. Trends on CO₂ Capture with Microalgae: A Bibliometric Analysis. **Molecules**, vol. 27, nº 15, p. 4669, 22 jul. 2022. <https://doi.org/10.3390/molecules27154669>.

OSWALD, W J; GOTAAS, H. B.; GOLUEKE, C. G.; KELLEN, W. R.; GLOYNA, E. F.; HERMANN, E. R. Algae in Waste Treatment [with Discussion]. **Sewage and Industrial Wastes**, vol. 29, nº 4, p. 437–457, 1957. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/25033322>.

OSWALD, W J.; GOLUEKE, C. G. Biological Transformation of Solar Energy. 1960. p. 223–262. [https://doi.org/10.1016/S0065-2164\(08\)70127-8](https://doi.org/10.1016/S0065-2164(08)70127-8).

RUMIN, J.; NICOLAU, E.; GONÇALVES DE OLIVEIRA JUNIOR, R.; FUENTES-GRÜNEWALD, C.; FLYNN, K. J.; PICOT, L. A Bibliometric Analysis of Microalgae Research in the World, Europe, and the European Atlantic Area. **Marine Drugs**, vol. 18, nº 2, p. 79, 26 jan. 2020. <https://doi.org/10.3390/md18020079>.

YOU, X.; YANG, L.; ZHOU, X.; ZHANG, Y. Sustainability and carbon neutrality trends for microalgae-based wastewater treatment: A review. **Environmental Research**, vol. 209, p. 112860, jun. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.112860>.