

Pré-encontro 1

Texto elaborado por Gisele Carolina Marquardt

Universidade Federal do Paraná - Setor de Ciências Biológicas

Departamento de Botânica

Laboratório de Pesquisas em Diatomáceas

Na história da vida na Terra, um grupo frequentemente subestimado de organismos são as algas! Estes organismos, ancestrais das plantas modernas, formam uma gama diversificada de protistas fotossintéticos. As algas são alguns dos organismos mais comuns que habitam nosso planeta, sendo capazes de crescer até mesmo em condições extremas (Ścieszka & Elżbieta Klewicka, 2019). Estão presentes tanto em ambientes terrestres quanto aquáticos, em águas doces e salgadas, além de formarem associações como os líquenes (Bicudo & Menezes, 2010). As algas desempenham um papel vital na manutenção da vida na Terra. Como produtores primários, contribuem significativamente para a produção global de oxigênio através da fotossíntese (As algas produzem aproximadamente 50% do oxigênio da Terra!), além de servirem como base das cadeias alimentares aquáticas (Chapman 2013).

As aplicações das algas vão muito além de sua importância ecológica. Elas são ideais para o biomonitoramento da poluição da água e a biorremediação de poluentes, além de servirem como fontes de energia ecológicas, como biocombustíveis (Roy et al. 2022). Além disso, estão em crescente demanda devido às suas propriedades antioxidantes, anticancerígenas, antivirais, anti-hipertensivas, redutoras de colesterol e espessantes (Arora et al. 2021). Portanto, possui vasta gama de aplicações nas indústrias farmacêutica, cosmética, papelaria e nutracêutica (Arora et al. 2021). Além disso, são fundamentais no sequestro de carbono, ajudando a mitigar as alterações climáticas ao absorver dióxido de carbono da atmosfera (Tarafdar et al. 2023). Por fim, as algas fazem parte da dieta humana há milhares de anos, com base em evidências arqueológicas de 14.000 anos AP no Chile (Wells et al., 2017). Contudo, a demanda global por alimentos de macroalgas e microalgas está crescendo, com consumo focado em benefícios funcionais além da nutrição tradicional (Wells et al., 2017).

Mas afinal, o que são algas? O termo "algas" aparece pela primeira vez em Linnaeus (1753) para designar uma categoria sistemática de plantas. Nessa categoria, entretanto, Linnaeus reuniu tanto plantas ainda hoje denominadas algas quanto alguns líquenes e briófitas (Bicudo & Menezes, 2010). Atualmente, o termo abarca desde formas unicelulares até estruturas multicelulares complexas, exibindo uma diversidade

impressionante em termos de reprodução, fisiologia e habitats. Embora a fotossíntese seja a principal via de produção de alimento para as algas, algumas também são capazes de realizar quimiossíntese ou assimilar nutrientes de outras fontes. Com tamanha diversidade, uma definição para o grupo representa um verdadeiro desafio.

Uma definição mais abrangente para o mundo das algas é providenciada por Bicudo & Menezes (2017), que as descrevem como "talófitos e protistas clorofilados, incluindo também seus 'parentes' não-pigmentados, cujos órgãos de reprodução nunca são envoltos por um conjunto ou tecido constituído de células estéreis". Esta definição abrange um número de formas de organismos que não são necessariamente intimamente relacionados, por exemplo, as cianobactérias que estão mais próximas em evolução das bactérias do que para o resto das algas.

A compreensão da história evolutiva das algas foi transformada pelo advento dos métodos bioquímicos e de biologia molecular, revelando a origem polifilética das algas, especialmente evidenciada pela teoria da endossimbiose dos cloroplastos e mitocôndrias (Bicudo & Menezes, 2017). As células eucarióticas são notavelmente complexas, possuindo várias organelas membranosas com funções específicas. Duas dessas organelas, mitocôndrias e cloroplastos, responsáveis pela respiração e fotossíntese, evoluíram da integração de bactérias endossimbióticas nas células eucarióticas (Massana, 2024).

Conforme Gould et al. (2024), as algas possuem plastídios que contêm genomas remanescentes de um evento endossimbiótico primário, no qual uma cianobactéria foi capturada por um protista eucariótico. A maioria das algas, embora não todas, retém a capacidade de fotossíntese. Após esse evento inicial, surgiram três principais grupos de algas que formaram a base dos eucariotos fotossintéticos dominantes atuais, incluindo as plantas terrestres. A diversidade das algas expandiu-se para incluir grupos endossimbióticos secundários, terciários e até quaternários.

Recentemente, foi registrado o "nitroplasto", uma organela fixadora de nitrogênio, como um quarto exemplo de endossimbiose primária. Em sistemas marinhos, algumas bactérias fixadoras de nitrogênio são endossimbiontes de microalgas, como *Candidatus Atelocyanobacterium thalassa* (UCYN-A), um simbiote cianobacteriano da alga unicelular *Braarudosphaera bigelowii*, em que é relatado uma estreita integração do endossimbionte na arquitetura e função da célula hospedeira, característica das organelas. Essas descobertas mostram que UCYN-A evoluiu de um simbiote para uma

organela eucariótica para fixação de nitrogênio, o "nitroplasto", expandindo uma função antes exclusiva das células procarióticas para os eucariotos (Massana, 2024).

As algas constituem o terceiro agrupamento mais numeroso de organismos semelhantes a plantas, ficando atrás apenas das plantas com flores (aproximadamente 382.000 espécies) e dos fungos (cerca de 170.000 espécies, incluindo líquenes), mas são os menos bem definidos de todos os agrupamentos botânicos (Guiry, 2024).

Segundo Guiry (2024), o banco de dados online AlgaeBase (AB; <https://www.algaebase.org>) documentou até o momento 50.589 espécies de algas vivas e 10.556 espécies fósseis.

Os cinco agrupamentos de algas mais ricos em espécies são, em ordem: as algas heterocontes (Heterokontophyta, com 23.314 espécies, das quais 21.052 são existentes - não fósseis), as algas verdes clorófitas (Chlorophyta, com 7.934 espécies, das quais 6.851 são existentes), as algas vermelhas (Rhodophyta, com 7.554 espécies, das quais 7.276 são existentes), as algas verde-azuladas (Cyanobacteria, com 5.723 espécies, das quais 4.669 são existentes) e as carófitas (incluindo as algas conjugantes, com 5.544 espécies, das quais 4.940 são existentes) (Guiry, 2024). Estes cinco agrupamentos constituem quase dois terços de todas as espécies de algas documentadas (Guiry, 2024).

As diatomáceas, um subgrupo dentro das heterocontes, sozinhas representam quase um terço de todas as algas. Muitos novos nomes genéricos para diatomáceas foram introduzidos a partir da década de 1970, à medida que caracteres morfológicos mais úteis taxonomicamente se tornaram aparentes com o uso de microscopia eletrônica de varredura e foram avaliados em relação aos dados filogenéticos (Guiry, 2024).

As algas exibem uma notável diversidade em sua morfologia e tamanho. Desde espécies unicelulares, como *Nannochloropsis*, que medem apenas 2 μm , até formas macroscópicas, como as gigantescas *Macrocystis*, com até 60 metros de comprimento (Hanschen & Starkenburg, 2020). Enquanto as algas macroscópicas, como as algas marinhas, são facilmente reconhecíveis devido ao seu tamanho e são frequentemente vistas durante grandes floradas ou quando são levadas à costa, sua distribuição é predominantemente limitada a regiões costeiras, próximas à linha d'água.

Por outro lado, o fitoplâncton, composto por organismos microscópicos, pode passar despercebido em comparação com as algas marinhas, mas sua presença se torna altamente perceptível durante floradas massivas, como as marés vermelhas e

outras proliferações de algas nocivas (FANs). Nessas circunstâncias, o fitoplâncton pode alterar a coloração do oceano por várias milhas.

Apesar de seu tamanho diminuto, é fundamental reconhecer que os oceanos e os principais lagos do mundo fornecem um vasto habitat para o fitoplâncton, o qual pode alcançar densidades quase inimagináveis. Além disso, é o fitoplâncton que contribui com a maior parte da produção anual de oxigênio proveniente das algas, sendo responsável por cerca da metade da produção total de oxigênio do planeta a cada ano (Naselli-Flores & Padisák 2023).

Florações de algas também ocorrem em ambientes de água doce, destacando o fenômeno da eutrofização. Esse processo complexo pode ocorrer naturalmente ao longo de séculos, à medida que um corpo d'água envelhece, mas também pode ser acelerado por atividades humanas (eutrofização cultural), como a descarga de nutrientes provenientes de atividades agrícolas e urbanas, resultando em graves impactos para a vida aquática e o abastecimento de água potável (Akinnowo 2023).

Conforme Akinnowo (2023), a eutrofização cria condições propícias para a proliferação de algas, incluindo as FANs, acarretando consequências devastadoras para a saúde humana e os ecossistemas aquáticos. O excesso de nutrientes pode modificar a composição das comunidades de algas, favorecendo espécies nocivas em detrimento de outras formas de vida aquática. Além disso, compromete a qualidade da água, reduzindo a transparência e os níveis de oxigênio dissolvido, o que prejudica a saúde dos ecossistemas aquáticos. Adicionalmente, essas florações liberam toxinas prejudiciais para a vida aquática, resultando na morte de peixes e outros organismos, impactando negativamente atividades humanas como pesca e turismo.

Controlar a eutrofização demanda uma abordagem integrada, que inclui gestão sustentável do uso da terra, redução da entrada de nutrientes nos corpos d'água e restauração de ecossistemas aquáticos degradados. Projeções indicam que o aquecimento global acima de 1,5 °C até meados do século pode criar condições favoráveis para o crescimento de algas nocivas, representando um desafio adicional para a saúde dos ecossistemas aquáticos (Gilbert, 2020).

Referências

AKINNOWO, S.O. Eutrophication: Causes, consequences, physical, chemical and biological techniques for mitigation strategies. *Environmental Challenges*, v. 12, p. 100733, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.envc.2023.100733>>.

- ARORA, K., KUMAR, P., BOSE, D., LI, X., & KULSHRESTHA, S. Potential applications of algae in biochemical and bioenergy sector. *3 Biotech*, v. 11, n. 6, p. 296. <https://doi.org/10.1007/s13205-021-02825-5>
- BICUDO, C.E.M.; MENEZES, M. Introdução: As algas do Brasil. In: FORZZA, R.C. (Org.). *Catálogo de plantas e fungos do Brasil* [online]. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio: Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2010. v. 1, p. 49-60. ISBN 978-85-88742-42-0. Disponível em: SciELO Books.
- BICUDO, C.E.M.; MENEZES, M. Gêneros de algas de águas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições. 3. ed. São Carlos: Editora RiMa, 2017.
- CHAPMAN, R.L. (2010). Algae: the world's most important "plants"—an introduction. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 18, 5–12.
- GILBERT, P.M. Harmful algae at the complex nexus of eutrophication and climate change. *Harmful Algae*, v. 91, p. 101583, jan. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.hal.2019.03.001>.
- GUIRY, M.D. How many species of algae are there? A reprise. *Four kingdoms*, 14 phyla, 63 classes and still growing. *Journal of Phycology*, v. 60, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1111/jpy.13431>.
- HANSCHEN, E.R.; STARKENBURG, S.R. The state of algal genome quality and diversity. *Algal Research*, v. 50, p. 101968, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.algal.2020.101968>.
- LEE, R.E. *Phycology*. 5. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2018. 551 p.
- MASSANA, R. The nitroplast: A nitrogen-fixing organelle. *Science*, v. 384, n. 6692, 2024.
- NASELLI-FLORES, L., & PADISÁK, J. (2023). Ecosystem services provided by marine and freshwater phytoplankton. *Hydrobiologia*, 850, 2691–2706. <https://doi.org/10.1007/s10750-022-05535-1>
- ŚCIESZKA, S.; KLEWICKA, E. Algae in food: a general review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 59, n. 21, p. 3538-3547, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1496319>.
- ROY, A.; GOGOI, N.; YASMIN, F.; FAROOQ, M. The use of algae for environmental sustainability: trends and future prospects. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 29, p. 40373–40383, 2022.

TARAFDAR, A.; SOWMYA, G.; YOGESHWARI, K.; RATTU, G.; NEGI, T.; AWASTHI, M. K.; HOANG, A.; SINDHU, R.; SIROHI, R. Environmental pollution mitigation through utilization of carbon dioxide by microalgae. *Environmental Pollution*, v. 328, p. 121623, 2023.

WELLS, M. L.; POTIN, P.; CRAIGIE, J. S.; RAVEN, J. A.; MERCHANT, S. S.; HELLIWELL, K. E.; SMITH, A. G.; CAMIRE, M. E.; BRAWLEY, S. H. Algae as nutritional and functional food sources: revisiting our understanding. *Journal of Applied Phycology*, v. 29, p. 949–982, 2017. DOI: <<https://doi.org/10.1007/s10811-016-0974-5>>.