CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO SILICATO DE DIATOMÁCEAS PARA APLICAÇÃO EM CIMENTO PORTLAND

Carolina Kipper Biluca, Jair Juarez João, Fernanda Luiza Daher, Fábio de Farias Neves

INTRODUÇÃO

As microalgas são organismos fotossintetizantes unicelulares amplamente distribuídos em ambientes aquáticos, e são caracterizados por elevadas taxas de crescimento, eficiência na conversão de energia luminosa em biomassa e alta capacidade de sintetizar compostos de elevado interesse biotecnológico, como lipídios, proteínas, polifenóis e polissacarídeos (SILVA et al., 2025; JOÃO et al., 2025; MARTINS et al., 2026). Devido a essas características, apresentam amplo potencial para aplicações em setores como a produção de biocombustíveis, biofertilizantes, alimentos, cosméticos e fármacos, além da remediação de efluentes e produção de biossilicatos (KHOLSSI et al., 2023).

O cultivo de microalgas destaca-se como uma alternativa sustentável para produção de biomassa, podendo ser realizado em sistemas controlados e com menor competição por áreas agrícolas destinadas à produção de alimentos. Sua capacidade de adaptação a diferentes condições ambientais e de acumular nutrientes e metabólitos de alto valor agregado amplia seu potencial em relação a fontes convencionais de biomoléculas (ELADL et al., 2024).

Entre os diferentes grupos de microalgas, as diatomáceas apresentam elevada relevância ecológica e biotecnológica. Essas microalgas possuem frústulas constituídas por sílica amorfa hidratada, responsáveis por características estruturais e mecânicas específicas. Além disso, desempenham importante função nos ecossistemas aquáticos, participando dos ciclos biogeoquímicos do carbono, silício e enxofre (HAO et al., 2025).

Nesse contexto, a otimização das condições de cultivo, especialmente quanto à disponibilidade de nutrientes e silício, é fundamental para o crescimento, desempenho fisiológico e composição bioquímica das diatomáceas. Assim, este estudo tem como objetivo investigar as condições operacionais para o cultivo de Phaeodactylum tricornutum, avaliando a influência da disponibilidade de nutrientes e sais de silício sobre o crescimento celular e a composição macromolecular da biomassa, visando contribuir para o desenvolvimento de processos produtivos mais eficientes e sustentáveis.

DESENVOLVIMENTO

A microalga Phaeodactylum tricornutum foi obtida da coleção de culturas do Laboratório de Cultivo e Biotecnologia de Algas (LCBA/UDESC). Os cultivos foram realizados em água do mar artificial enriquecida com meio f/2, em volumes escalonados de 250 mL, 5 L e 20 L, mantidos entre 20 e 22 °C, sob iluminação contínua e aeração. Temperatura, intensidade luminosa, salinidade, pH, densidade óptica e turbidez foram monitorados durante nove dias.

A densidade óptica foi determinada por espectrofotometria UV-Vis a 680 nm e a contagem celular por microscopia em câmara de Neubauer. A biomassa seca foi determinada nos dias 0, 5 e 9 por filtração em membranas de fibra de vidro, seguida de secagem e pesagem. Ao final do cultivo, a biomassa foi sedimentada, filtrada, refrigerada e liofilizada. Todos os experimentos foram realizados em triplicata. Para a avaliação da influência da salinidade, foram consideradas as condições de 5%, 15%, 20% e 25%, e analisados proteínas solúveis, carboidratos, lipídios, compostos fenólicos, atividade antioxidante e teor de silício.

RESULTADOS

As medições de absorbância indicaram o crescimento de Phaeodactylum tricornutum ao longo dos nove dias de cultivo (Figura 1). Observou-se um aumento expressivo da absorbância, de 0,282 no dia 0 para 1,087 no dia 4, caracterizando uma fase de crescimento exponencial. Em seguida, ocorreu uma leve redução nos valores até o dia 6, sugerindo o início da desaceleração do crescimento, possivelmente em razão do aumento da densidade celular e da limitação de nutrientes disponíveis. Posteriormente, a absorbância voltou a crescer, alcançando 1,303 no dia 9, o que indica uma retomada parcial do desenvolvimento celular e sugere que a cultura ainda não havia atingido plenamente a fase estacionária.

Os resultados demonstraram também que a salinidade influenciou significativamente a composição macromolecular da biomassa de Phaeodactylum tricornutum (PTR), evidenciando respostas fisiológicas associadas à adaptação ao estresse osmótico (Tabela 1). O teor de proteínas solúveis aumentou progressivamente entre 5 e 20% de salinidade, atingindo o maior valor (0,315%) em 20%, indicando que condições intermediárias favoreceram a síntese proteica e a atividade metabólica. Em contraste, os carboidratos apresentaram redução de 10,5% para 6,9% entre 5 e 20%, com discreta recuperação em 25%, sugerindo utilização das reservas energéticas e redirecionamento do carbono para mecanismos de adaptação osmótica.

Os lipídios também diminuíram com o aumento da salinidade, passando de 7,6% em 5% para 4,9% em 20%, com leve aumento em 25%. Esse comportamento indica possível priorização da manutenção metabólica e da adaptação celular em detrimento do armazenamento de reservas. Os compostos fenólicos apresentaram maior concentração na menor salinidade (0,46%), reduzindo-se nas demais condições, possivelmente devido à limitação da biossíntese ou ao maior consumo desses metabólitos na proteção contra estresse oxidativo.

Apesar da redução dos fenólicos, a atividade antioxidante foi superior nas salinidades de 15% (28,2%) e 20% (27,7%), demonstrando que a capacidade antioxidante da biomassa depende também de outros compostos bioativos, como carotenoides, clorofilas, vitaminas e enzimas antioxidantes. O teor de silício aumentou até 20% de salinidade, alcançando 0,08%, seguido de redução em 25%, indicando condições mais favoráveis à silicificação celular em salinidades intermediárias.

De modo geral, salinidades de 15–20% favoreceram proteínas, atividade antioxidante e incorporação de silício, enquanto menores salinidades promoveram maior acúmulo de carboidratos, lipídios e compostos fenólicos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados evidenciaram que a salinidade exerce influência direta sobre o metabolismo celular e sobre a composição bioquímica da biomassa. Salinidades intermediárias, entre 15 e 20%, favoreceram a síntese de proteínas, a atividade antioxidante e o acúmulo de silício, indicando serem as condições mais adequadas para maximizar a produção de biossílica. Em contrapartida, menores salinidades favoreceram o acúmulo de carboidratos, lipídios e compostos fenólicos, demonstrando que a manipulação desse parâmetro pode ser utilizada para direcionar a produção de diferentes metabólitos conforme a aplicação desejada.

Os resultados obtidos fornecem importantes subsídios para a otimização do cultivo de P. tricornutum, contribuindo para o desenvolvimento de processos produtivos mais eficientes e sustentáveis. Além disso, reforçam o potencial da biomassa desta diatomácea como fonte renovável de biossílica para substituição parcial de materiais cimentícios convencionais, representando uma alternativa promissora para a redução da pegada de carbono da indústria da construção civil.

Como perspectivas futuras, recomenda-se a realização de estudos voltados à extração e purificação da biossílica, à caracterização físico-química e estrutural do material obtido, bem como à avaliação de seu desempenho como material cimentício suplementar em diferentes formulações de cimento e concreto, visando validar sua aplicação em escala industrial.

Palavras-chave: *Phaedactylum tricornutum; Salinidade; Biossílica; Biotecnologia..*

ANEXOS

ANEXO(S)

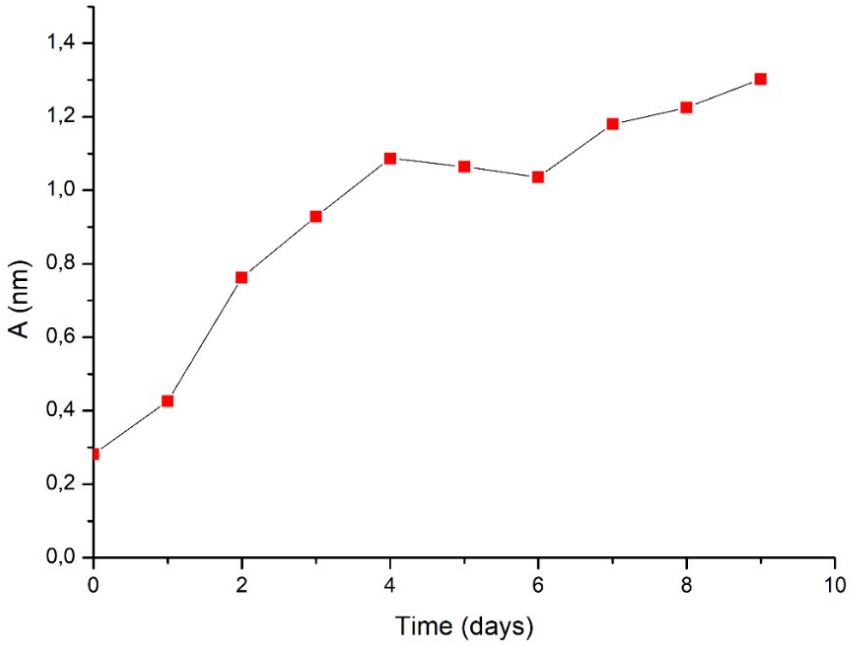


Figura 1. *Variação da densidade óptica a 680 nm ao longo do cultivo.*

Tabela 1. *Composição da biomassa de P. tricornutum em diferentes salinidades.*

Parâmetro	5%	15%	20%	25%
Proteínas solúveis (%)	0,212	0,262	0,315	0,250
Carboidratos (%)	10,5	9,3	6,9	7,2
Lipídios (%)	7,6	5,6	4,9	5,3
Compostos fenólicos (%)	0,46	0,18	0,23	0,24
Atividade antioxidante (%)	20,0	28,2	27,7	22,7
Silício (%)	0,04	0,07	0,08	0,056

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ELADL, S. N.; ELNABAWY, A. M.; ELTANAHY, E. G. Recent biotechnological applications of value-added bioactive compounds from microalgae and seaweeds. Botanical Studies, v. 65, p. 28, 2024. DOI: https://doi.org/10.1186/s40529-024-00434y.

HAO, T. B.; LAI, P. Y.; SHU, Z.; LIANG, R.; CHEN, Z. Y.; HUANG, R. L.; LU, Y.; ALIMUJIANG, A. Physiological and metabolic fluctuations of the diatom Phaeodactylum tricornutum under water scarcity. Frontiers in Microbiology, v. 16, 2025. DOI: https://doi.org/10.3389/fmicb.2025.1555989.

JOÃO, J. J.; SANTOS, A. C. S.; SILVEIRA, C. B. et al. Using eco-friendly coagulants for biomass harvesting and water reuse in microalga cultivation. Ambiente & Água, v. 20, e3064, 2025. DOI: https://doi.org/10.4136/ambi-agua.3064.

KHOLSSI, R.; LOUGRAIMZI, H.; GARRIDO, I. M. Effects of global environmental change on microalgal photosynthesis, growth and their distribution. Marine Environmental Research, v. 184, p. 105877, 2023. DOI: https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2023.105877.

MARTINS, A.; JOÃO, J. J.; CANTO, F. Q.; SKORONSKI, E.; WILLEMANN, D. P.; NEVES, F. F. Microalgae: impacts of different culture media on the macromolecular and antioxidant properties of Spirulina (Arthrospira platensis) biomass. International Journal of Food Science & Technology, v. 61, n. 1, p. vvaf275, 2026. DOI: https://doi.org/10.1093/ijfood/vvaf275.

ZHAO, D. S.; LIU, X. L.; CHEN, Y. T.; YANG, H.; FAROOQ, M. A.; YAN, X.; ZOU, H. X. Transcriptomic and physiological insights into Diethylstilbestrol toxicity in Phaeodactylum tricornutum. Aquatic Toxicology, v. 290, p. 107636, 2026. DOI: https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2025.107636.