

MICROALGAS NO TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS: REMOÇÃO DE POLUENTES E POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO

Artur Tavares Novele¹
Cristiano Lucas Soma²
Sorta Leonardo Macuácuá³
Reginaldo De Oliveira Nunes⁴

RESUMO

A geração de águas residuais provenientes de atividades urbanas, industriais e agropecuárias representa um desafio ambiental devido à presença de matéria orgânica, nitrogênio, fósforo e outros contaminantes. Nesse contexto, as microalgas têm despertado interesse como alternativa biotecnológica para o tratamento de efluentes, principalmente por sua capacidade de utilizar nutrientes durante o crescimento e produzir biomassa. O objetivo deste trabalho foi analisar o potencial das microalgas no tratamento de águas residuais, com ênfase na remoção de poluentes e nas possibilidades de aproveitamento da biomassa produzida. Foi realizada uma revisão bibliográfica de abordagem qualitativa, exploratória e descritiva, utilizando trabalhos acadêmicos selecionados nos principais bancos científicos relacionados ao tema. Os estudos demonstram que as microalgas podem contribuir para a remoção de nutrientes e matéria orgânica, especialmente quando associadas a bactérias em sistemas de cultivo integrados. Também foram identificadas aplicações em diferentes tipos de efluentes, como águas residuais de aquicultura, laticínios e processamento de carne. Além da função de tratamento, a biomassa produzida apresenta potencial para aplicações biotecnológicas, incluindo a produção de lipídios e biocombustíveis. Conclui-se que as microalgas apresentam potencial para integrar o tratamento de águas residuais à recuperação de recursos, embora fatores relacionados às condições de cultivo e à recuperação da biomassa ainda representem desafios para sua aplicação em maior escala.

Palavras-chave: algas; biorremediação; tecnologia biológica; poluição.

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), Instituto de Ciências Exatas e da Natureza, Discente, arturtavares819@gmail.com¹

Universidade Federal do ABC, Pós-Graduação em Biotecnociência (PPGBTC), CCNH, Discente, c.soma@ufabc.edu.br²

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), Instituto de Ciências Exatas e da Natureza, Discente, sortaleo@gmail.com³

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), Instituto de Ciências Exatas e da Natureza, Docente, arturtavares819@gmail.com⁴

INTRODUÇÃO

A geração de águas residuais é uma consequência das atividades urbanas, industriais e agropecuárias, sendo caracterizada pela presença de diferentes compostos que podem comprometer a qualidade ambiental quando os efluentes são lançados sem tratamento adequado. Entre esses compostos estão nutrientes, matéria orgânica e outras substâncias que podem provocar alterações nos corpos hídricos. Dessa forma, o desenvolvimento de alternativas de tratamento que conciliem eficiência e sustentabilidade tornou-se importante para a gestão dos recursos hídricos.

Nesse contexto, as microalgas apresentam potencial para utilização em sistemas de tratamento devido à capacidade de crescer utilizando nutrientes presentes nas águas residuais. O nitrogênio e o fósforo podem ser assimilados durante o crescimento celular, enquanto a atividade fotossintética contribui para a produção de oxigênio e para as interações com outros microrganismos. Fallahi et al. (2021) destacam que os consórcios formados por microalgas e bactérias apresentam potencial para a remoção de nutrientes, devido à interação metabólica entre esses organismos.

A utilização de microalgas também tem sido estudada em diferentes tipos de efluentes. Em águas residuais de aquicultura, Esteves et al. (2022) avaliaram o crescimento de *Chlorella vulgaris* associado à remoção de nutrientes. Fan et al. (2021), por sua vez, analisaram um sistema granular formado por microalgas e bactérias para o tratamento de águas residuais de aquicultura sem aeração.

Outro aspecto importante é a utilização de microalgas em efluentes agroindustriais. Hemalatha et al. (2019) investigaram um sistema de biorrefinaria microalgal associado ao tratamento de águas residuais de laticínios, enquanto Hu et al. (2019) avaliaram um consórcio de microalgas para a remoção de poluentes orgânicos de águas residuais do processamento de carne.

Além da remoção de contaminantes, a biomassa produzida apresenta potencial de valorização. Pandey, Srivastava e Kumar (2020) avaliaram a produção de biocombustível a partir de microalgas cultivadas em água residual de soro de queijo, demonstrando a possibilidade de associar o tratamento do efluente à produção de recursos de interesse energético.

Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo analisar o potencial das microalgas no tratamento de águas residuais, destacando a remoção de poluentes e as possibilidades de aproveitamento biotecnológico da biomassa produzida.

METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa de abordagem qualitativa, de caráter exploratório e descritivo. A abordagem qualitativa permite compreender fenômenos complexos a partir de seus significados e características, enquanto o caráter exploratório contribui para ampliar a compreensão sobre o objeto investigado e o caráter descritivo possibilita apresentar suas principais características (Minayo, 2014; Gil, 2019).

A investigação foi desenvolvida por meio de revisão bibliográfica, procedimento que permite reunir e analisar conhecimentos já produzidos na literatura científica sobre determinado tema (Vosgerau; Romanowski, 2014). Foram considerados estudos envolvendo diferentes matrizes de efluentes, incluindo aquicultura, laticínios e processamento de carne, além de pesquisas sobre sistemas de consórcio entre microalgas e bactérias e sobre a produção e o aproveitamento de biomassa para aplicações biotecnológicas.

Os resultados encontrados foram analisados e sintetizados de forma qualitativa, buscando identificar os principais benefícios, mecanismos de atuação, desafios técnicos e limitações relacionados ao uso de

microalgas no tratamento de águas residuais (Creswell, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. Microalgas na remoção de nutrientes e poluentes

As microalgas apresentam potencial para o tratamento de águas residuais devido à capacidade de utilizar nutrientes presentes nos efluentes durante seu crescimento. Esse processo contribui principalmente para a remoção de nitrogênio e fósforo, nutrientes que, quando presentes em excesso nos corpos hídricos, podem favorecer a eutrofização. Além disso, a atividade fotossintética das microalgas libera oxigênio, favorecendo a atuação de bactérias na degradação da matéria orgânica (Fallahi et al., 2021).

Esse potencial tem sido observado em diferentes condições experimentais. *Chlorella vulgaris*, por exemplo, apresentou crescimento em efluente de aquicultura e contribuiu para a remoção de nitrogênio e fósforo (Esteves et al., 2022). Em sistemas que associam microalgas e bactérias, também foram observados resultados positivos no tratamento de efluentes de aquicultura (Fan et al., 2021). Da mesma forma, consórcios microalgais e sistemas com *C. vulgaris* imobilizada demonstraram capacidade de reduzir nutrientes e matéria orgânica em diferentes tipos de águas residuais (Hu et al., 2019; Mujtaba et al., 2018).

2. Interações entre microalgas e bactérias

A associação entre microalgas e bactérias favorece o tratamento das águas residuais por meio da complementaridade de suas atividades metabólicas. Enquanto as microalgas produzem oxigênio durante a fotossíntese, as bactérias utilizam esse oxigênio na degradação da matéria orgânica e liberam compostos que podem ser aproveitados pelas microalgas, estabelecendo uma relação de cooperação entre os microrganismos (Fallahi et al., 2021).

Essa interação tem apresentado resultados positivos em diferentes sistemas de tratamento. Em efluentes de aquicultura, por exemplo, a atuação conjunta de microalgas e bactérias contribuiu para a remoção de nutrientes, enquanto sistemas envolvendo *Chlorella vulgaris* também demonstraram potencial para reduzir nutrientes e matéria orgânica (Fan et al., 2021; Mujtaba et al., 2018). Além disso, Hu et al. (2019) observaram que a aclimação de consórcios microalgais ao efluente pode favorecer a adaptação dos microrganismos e contribuir para uma maior remoção de poluentes.

3. Produção e valorização da biomassa

Além de remover poluentes, o cultivo de microalgas permite transformar parte dos nutrientes presentes nos efluentes em biomassa. Esse processo amplia o potencial da tecnologia, pois a biomassa produzida pode ser aproveitada em diferentes aplicações biotecnológicas (Esteves et al., 2022).

Pandey, Srivastava e Kumar (2020) demonstraram o potencial de microalgas cultivadas em água residual de soro de queijo para produção de biomassa e lipídios destinados à geração de biocombustíveis. De forma semelhante, Hemalatha et al. (2019) discutiram a integração entre tratamento de efluentes de laticínios e produção de biomassa em sistemas de biorrefinaria microalgal.

Apesar dessas possibilidades, o aproveitamento da biomassa requer avaliação de sua composição, especialmente devido à possibilidade de acumulação de contaminantes provenientes do efluente. Assim, sua utilização deve considerar tanto o potencial produtivo quanto os aspectos relacionados à segurança e à qualidade do material.

CONCLUSÕES

A análise da literatura demonstra que as microalgas apresentam potencial para o tratamento de águas residuais, principalmente pela capacidade de utilizar nutrientes durante o crescimento e contribuir para a remoção de nitrogênio, fósforo e matéria orgânica. Os sistemas que associam microalgas e bactérias destacam-se pela integração de diferentes atividades metabólicas. Enquanto as microalgas produzem oxigênio por meio da fotossíntese e assimilam nutrientes, as bactérias contribuem para a degradação da matéria orgânica, favorecendo o processo de tratamento.

Outro aspecto relevante é a produção de biomassa, que pode ser aproveitada para diferentes finalidades, incluindo a obtenção de lipídios e biocombustíveis. Dessa forma, as águas residuais podem deixar de ser vistas apenas como resíduos e passar a representar fontes de nutrientes para processos biotecnológicos.

Apesar desse potencial, ainda existem desafios relacionados às condições de cultivo, à variabilidade dos efluentes e à recuperação da biomassa. São necessários, portanto, novos estudos e aperfeiçoamentos dos sistemas para ampliar sua eficiência e viabilidade em maior escala.

Conclui-se que as microalgas constituem uma alternativa promissora para o tratamento sustentável de águas residuais, especialmente por possibilitarem a integração entre remoção de poluentes, produção de biomassa e recuperação de recursos.

AGRADECIMENTOS

À Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB) e ao Instituto de Ciências Exatas e da Natureza (ICEN) pelo apoio institucional.

REFERÊNCIAS

- CRESWELL, John W. Investigação qualitativa e projeto de pesquisa: escolhendo entre cinco abordagens. 3. ed. Porto Alegre: Penso, 2014.
- ESTEVES, A. F.; SOARES, S. M.; SALGADO, E. M.; BOAVENTURA, R. A. R.; PIRES, J. C. M. Crescimento de microalgas em efluente de aquicultura: integração da valorização da biomassa com a remoção de nutrientes. *Applied Sciences*, v. 12, n. 24, 2022.
- FALLAHI, A.; REZVANI, F.; ASGHARNEJAD, H.; NAZLOO, E. K.; HAJINAJAF, N.; HIGGINS, B. Interações de consórcios de microalgas-bactérias para remoção de nutrientes de águas residuais: uma revisão. *Chemosphere*, v. 272, n. 129878, 2021.
- FAN, S.; JI, B.; HASAN, H. A.; FAN, J.; GUO, S.; WANG, J.; YUAN, J. Processo de lodo granular microalgal-bacteriano para tratamento não aerado de águas residuais de aquicultura. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, v. 44, p. 1733-1739, 2021.
- GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2019. .
- HEMALATHA, M.; SRAVAN, J. S.; MIN, B.; MOHAN, S. V. Biorrefinaria de microalgas com recuperação integrada de recursos associada ao tratamento de águas residuais de laticínios. *Bioresource Technology*, v. 284, p. 424-429, 2019.
- HU, X.; MENESES, Y. E.; STRATTON, J.; WANG, B. Aclimação de consórcio de microalgas para auxiliar na remoção de poluentes orgânicos de águas residuais do processamento de carne. *Journal of Cleaner*

Production, v. 214, p. 95-102, 2019.

MINAYO, Maria Cecília de Souza (org.). Pesquisa social: teoria, método e criatividade. 34. ed. Petrópolis: Vozes, 2014.

MUJTABA, G.; RIZWAN, M.; KIM, G.; LEE, K. Remoção de nutrientes e DQO por meio do cocultivo de lodo ativado e *Chlorella vulgaris* imobilizada. Chemical Engineering Journal, v. 343, p. 155-162, 2018.

PANDEY, A.; SRIVASTAVA, S.; KUMAR, S. Desenvolvimento e análise de custo-benefício de um novo processo para produção de biocombustível a partir de microalgas utilizando água residual de soro de queijo fresco pré-tratada de alta concentração. Environmental Science and Pollution Research, v. 27, p. 23963-23980, 2020.

VOSGERAU, Dilmeire Sant'Anna Ramos; ROMANOWSKI, Joana Paulin. Estudos de revisão: implicações conceituais e metodológicas. Diálogo Educacional, v. 14, n. 41, p. 165-189, 2014.