CULTIVO DE BIOMASSA DE MICROALGAS PARA PRODUÇÃO DE PLA E SUA APLICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Biomass cultivation of microalgae for PLA production and its application in civil construction

Marília Luise de Assis
Universidade Federal de Viçosa | Viçosa, Minas Gerais | marilia.luise@ufv.br

José Maria Franco de Carvalho
Universidade Federal de Viçosa | Viçosa, Minas Gerais | josemaria.carvalho@ufv.br

Maria Lúcia Calijuri
Universidade Federal de Viçosa | Viçosa, Minas Gerais | calijuri@ufv.br

RESUMO
Este estudo revisa o potencial da biomassa de microalgas para produzir ácido polilático (PLA), visando reduzir os impactos ambientais dos polímeros fósseis na construção civil. Por meio de revisão (2015-2025), analisaram-se os processos de cultivo, extração e síntese, destacando que microalgas oferecem vantagens técnicas e ambientais, com redução na pegada de carbono versus fontes convencionais. Além disso, a utilização do PLA contribui para a mitigação da poluição plástica. Como contribuição, identificaram-se rotas que ampliam a viabilidade econômica e ecológica do PLA, reforçando seu papel na economia circular. Persistem, contudo, desafios como escalonamento industrial e custos, demandando novas pesquisas.

Palavras-chave: Microalgas; Bioplástico; Construção; Polímero; Sustentável

ABSTRACT
This study reviews the potential of microalgae biomass for producing polylactic acid (PLA), aiming to reduce the environmental impacts of fossil-based polymers in the construction industry. Through a review (2015–2025), the cultivation, extraction, and synthesis processes were analyzed, highlighting that microalgae offer technical and environmental advantages, with a lower carbon footprint compared to conventional sources. Additionally, the use of PLA contributes to mitigating plastic pollution. As a contribution, routes that enhance the economic and ecological feasibility of PLA were identified, reinforcing its role in the circular economy. However, challenges such as industrial scaling and costs persist, requiring further research.

Keywords: Microalgae; Bioplastic; Construction; Polymer; Sustainable.

1 INTRODUÇÃO

O crescimento desenfreado da produção de plásticos convencionais tem se tornado um dos maiores desafios ambientais do século XXI. Segundo dados da European Bioplastics (2023), a produção global de plásticos ultrapassa 367 milhões de toneladas anuais, sendo que apenas 1% corresponde a bioplásticos. Essa dependência de materiais derivados do petróleo gera impactos significativos, especialmente no setor da construção civil, onde polímeros sintéticos são amplamente utilizados em estruturas, revestimentos e embalagens (Arora; Sharma; Sharma, 2023). Além disso, a poluição por microplásticos já atinge ecossistemas marinhos e terrestres, acumulando-se na cadeia alimentar e representando riscos à saúde humana (Chia *et al.,* 2020).

Paralelamente, outro problema ambiental crítico é o descarte inadequado de efluentes que, quando não tratado, contribui para a contaminação de corpos hídricos. Desde a década de 1950, a biotecnologia de microalgas tem sido amplamente estudada devido à notável capacidade desses organismos unicelulares de realizar a biorremediação. Essa característica torna as microalgas particularmente úteis no tratamento de efluentes, pois conseguem eliminar substâncias contaminantes, como poluentes e excesso de nutrientes, auxiliando na melhoria da qualidade da água. Além disso, seu elevado potencial para geração de biomassa abre caminho para aplicações diversificadas nos setores ambiental e industrial da biotecnologia (Couto; Calijuri; Assemany, 2020). Nesse contexto, as microalgas surgem como uma solução sustentável, pois são capazes de realizar biorremediação, removendo poluentes da água enquanto geram biomassa valiosa.

De acordo com Kim, Chang e Kim (2022), a biomassa de microalgas é composta predominantemente por materiais poliméricos, com destaque para proteínas, lipídios e polissacarídeos. Essa composição rica em substâncias de alto valor agrega grande potencial, posicionando-as como uma excelente fonte de matéria-prima renovável para a produção de bioplásticos e biocompósitos, como o ácido polilático (PLA). Esse polímero, biodegradável e de base renovável, pode ser sintetizado a partir da fermentação de carboidratos derivados de microalgas, oferecendo propriedades mecânicas comparáveis às dos termoplásticos convencionais (Sudhakar *et al.,* 2024). Além disso, o PLA demanda menor energia em seu processamento e é compatível com diversas aplicações na construção civil, desde moldes até reforços estruturais (Stabnikov; Ivanov; Chu, 2015).

Apesar desses avanços, a produção de bioplásticos a partir de microalgas ainda enfrenta desafios de escala e custo, exigindo pesquisas mais aprofundadas para viabilizar sua aplicação em larga escala (Adetunji; Erasmus, 2024). Diante disso, este estudo tem como objetivo investigar o potencial da biomassa de microalgas para a síntese de PLA, destacando sua aplicabilidade na construção civil como alternativa sustentável aos plásticos convencionais. A abordagem proposta não apenas contribui para a redução da poluição plástica, mas também integra o tratamento de efluentes à geração de materiais de alto valor agregado, promovendo a economia circular no setor.

2 METODOLOGIA

Este estudo consiste em uma revisão de literatura, com o objetivo de reunir e analisar informações sobre o cultivo de biomassa de microalgas para produção de ácido polilático (PLA) e sua aplicação na construção civil. A pesquisa foi conduzida em etapas, estruturadas conforme detalhado a seguir.

As bases de dados consultadas incluíram *ScienceDirect, SpringerLink, Wiley Online Library, European Bioplastics e Arab Journal of Science and Engineering*. Os termos de busca utilizados foram selecionados com base em palavras-chave relacionadas ao tema, como "*microalgae biomass," "polylactic acid production*," e *"PLA in civil construction".*

Os critério de inclusão foram os artigos revisados por pares, publicados preferencialmente nos últimos 10 anos, com relevância para o tema. Para exclusão indentificou-se os estudos sem relação direta com a produção de PLA a partir de microalgas ou sua aplicação na construção civil.

Os artigos selecionados foram avaliados quanto à qualidade metodológica, impacto na área e contribuição para o tema. As informações foram organizadas para identificar tendências, desafios e avanços científicos no uso de PLA derivado de microalgas na construção civil.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CULTIVO DE BIOMASSA DE MICROALGA

O cultivo de microalgas tem se consolidado como uma estratégia sustentável para a produção de biomassa, especialmente quando associado ao tratamento de efluentes. De acordo com Acién Fernández (2018), as microalgas demonstram alta eficiência na remoção de contaminantes presentes em efluentes domésticos, industriais e agrícolas, combinando a despoluição ambiental com a geração de biomassa valorizável. Essa abordagem é particularmente vantajosa porque transforma um problema ambiental em uma matéria-prima útil para diversos setores industriais.

Entre os sistemas de cultivo disponíveis, as lagoas abertas representam uma tecnologia consolidada devido ao seu baixo custo de construção e operação, sendo utilizadas em escala industrial (Mathimani *et al.,* 2019). No entanto, as Lagoas de Alta Taxa (LAT) têm se mostrado mais promissoras, pois permitem um melhor controle do crescimento da biomassa em suspensão e podem ser facilmente integradas em estações de tratamento de efluentes existentes (Couto et al., 2020). Estudos recentes que empregaram análises de ciclo de vida e avaliações técnico-econômicas confirmam a superioridade das LAT tanto em termos ambientais quanto econômicos (Dasan *et al.,* 2019; Magalhães *et al.,* 2021).

3.2 OBTENÇÃO DE PLA A PARTIR DE BIOMASSA

A produção de ácido polilático (PLA) a partir de microalgas envolve uma série de etapas técnicas que vão desde o processamento da biomassa até a polimerização do ácido láctico. Inicialmente, os componentes celulares das microalgas, como lipídios e polissacarídeos, são extraídos por meio de métodos que incluem hidrólise enzimática ou uso de solventes verdes (Zhu *et al.,* 2017). Esses compostos servem como matéria-prima para a produção de açúcares fermentescíveis, que são subsequentemente convertidos em ácido láctico por microrganismos específicos, como as bactérias do gênero Lactobacillus.

A etapa final do processo consiste na polimerização do ácido láctico, que pode ser realizada através de técnicas como policondensação ou polimerização por abertura de anel, resultando na formação do PLA (Cinar *et al.,* 2020). Apesar do potencial evidente, a produção de PLA a partir de microalgas ainda enfrenta desafios significativos, particularmente no que diz respeito aos custos de extração e aos rendimentos relativamente baixos quando comparados aos métodos tradicionais baseados em culturas agrícolas.

No entanto, as vantagens ambientais desse processo são inegáveis. Ao contrário das culturas convencionais usadas para a produção de bioplásticos, as microalgas não competem com a produção de alimentos e podem ser cultivadas em terrenos não agrícolas, utilizando até mesmo recursos residuais como fonte de nutrientes (Jiang *et al.,* 2018). Essas características tornam o PLA derivado de microalgas uma alternativa particularmente atraente no contexto da economia circular.

3.3 UTILIZAÇÃO DE PLA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Na indústria da construção civil, o PLA tem sido utilizado de diversas formas, destacando-se tanto como material estrutural quanto em aplicações auxiliares. Segundo Adetunji e Erasmus (2024), os bioplásticos reforçados com fibras naturais ou resíduos industriais, como borracha de pneus reciclados, têm sido empregados na fabricação de componentes para portas, divisórias e até mesmo moldes para construção. Esses materiais combinam a biodegradabilidade do PLA com a resistência mecânica proporcionada pelos agentes de reforço, resultando em produtos que atendem às demandas do setor sem comprometer a sustentabilidade. Outra aplicação promissora é a utilização do PLA em impressão 3D, que permite a fabricação de componentes personalizados com bom equilíbrio entre flexibilidade e resistência mecânica (Zeiml *et al*., 2006).

Apesar desses avanços, a adoção em larga escala do PLA na construção civil ainda depende da superação de alguns obstáculos, particularmente no que diz respeito à otimização das propriedades mecânicas e à redução dos custos de produção. A incorporação de resíduos industriais na formulação do PLA pode ser uma estratégia eficaz para contornar parte desses desafios, ao mesmo tempo em que agrega valor a subprodutos que de outra forma seriam descartados.

4 CONCLUSÃO

A utilização da biomassa de microalgas para a produção de PLA na construção civil apresenta-se como uma alternativa promissora e sustentável frente aos desafios ambientais contemporâneos. A capacidade das microalgas de realizar a biorremediação e gerar biomassa rica em polímeros confere-lhes um papel de destaque na produção de bioplásticos, reduzindo a dependência de materiais derivados do petróleo. Além disso, o PLA produzido a partir da biomassa microalgal, apresenta propriedades físicas e mecânicas adequadas para diversas aplicações estruturais na construção civil. Dessa forma, o incentivo à pesquisa e ao desenvolvimento de biocompósitos derivados de microalgas torna-se fundamental para a construção de um futuro mais sustentável.

5 AGRADECIMENTOS

Agradecemos à FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos) pelo valioso apoio à nossa pesquisa, cuja contribuição foi fundamental para o desenvolvimento do nosso trabalho. O suporte financeiro oferecido não apenas viabilizou esta etapa do projeto, como também fortaleceu as bases para futuras investigações, ampliando nosso potencial de inovação e impacto científico.

6 REFERÊNCIAS

ACIÉN FERNÁNDEZ, F. G.; GÓMEZ-SERRANO, C.; FERNÁNDEZ-SEVILLA, J. M. Recovery of nutrients from wastewaters using microalgae. Frontiers in Sustainable Food Systems, v. 2, 2018. doi: https://doi.org/10.3389/fsufs.2018.00059.

ADETUNJI, A.I.; ERASMUS, M. Green Synthesis of Bioplastics from Microalgae: A State-of-the-Art Review. Polymers, Basel, v. 16, n. 10, p. 1322, 2024. doi: https://doi.org/10.3390/polym16101322.

ARORA, Y.; SHARMA, S.; SHARMA, V. Microalgas na produção de bioplásticos: uma revisão abrangente. Arab Journal of Science and Engineering, v. 48, p. 7225–7241, 2023. doi: https://doi.org/10.1007/s13369-023-07871-0.

CHIA, W. Y. *et al.* Nature's fight against plastic pollution: Algae for plastic biodegradation and bioplastics production. Environmental Science and Ecotechnology, v. 4, p. 100065, 2020. doi: https://doi.org/10.1016/j.ese.2020.100065.

Cinar, S. O. *et al.* Bioplastic Production from Microalgae: A Review. International Journal of Environmental Research and Public Health, 17(11), 3842. 2020. doi: https://www.mdpi.com/1660-4601/17/11/3842.

COUTO, E.; CALIJURI, M. L.; ASSEMANY, P. Biomass production in high rate ponds and hydrothermal liquefaction: Wastewater treatment and bioenergy integration. Science of The Total Environment, v. 724, p. 138104, jul. 2020. doi: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138104.

DASAN, Y. K. *et al.* Life cycle evaluation of microalgae biofuels production: Effect of cultivation system on energy, carbon emission and cost balance analysis. Science of The Total Environment, v. 688, p. 112–128, 2019. doi: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.181.

EUROPEAN BIOPLASTICS. Market. Disponível em: <https://www.european-bioplastics.org/market/>. Acesso em: 16 jan. 2024.

JIANG, L.; *et al.* Biomass and lipid production of marine microalgae using municipal wastewater and high concentration of CO_2. Applied Energy, v. 88, n. 10, p. 3336–3341, 2011. doi: https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.03.043.

JORQUERA, O. *et al.* Comparative energy life-cycle analyses of microalgal biomass production in open ponds and photobioreactors. Bioresource Technology, v. 101, p. 1406-1413, 2010. doi: https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.09.038.

KARAMANLIOGLU, M.; *et al.* Abiotic and biotic environmental degradation of the bioplastic polymer poly(lactic acid): A review. Polymer Degradation and Stability, v. 137, p. 122-130, 2017. ISSN 0141-3910. doi: https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2017.01.009.

KIM, G. M.; CHANG, W. S.; KIM, Y. K. Biocompósitos usando microalgas extraídas de componentes inteiros ou valiosos misturadas com polímeros: uma revisão. Catalisadores, v. 12, n. 1, p. 25, 2022. doi: https://doi.org/10.3390/catal12010025.

MAGALHÃES, I. B.*et al.* Agro-industrial wastewater-grown microalgae: A techno-environmental assessment of open and closed systems. Science of The Total Environment, v. 834, p. 155282, 2022. doi: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155282.

MAGALHÃES, I. B. *et al.* Technologies for improving microalgae biomass production coupled to effluent treatment: A life cycle approach. Algal Research-Biomass Biofuels and Bioproducts, v. 57, p. 102346, 2021. doi: https://doi.org/10.1016/j.algal.2021.102346.

MATHIMANI, T.; BALDINELLI, A.; RAJENDRAN, K.; PRABAKAR, D.; MATHESWARAN, M.; VAN LEEUWEN, R. P.;

PUGAZHENDHI, A. Review on cultivation and thermochemical conversion of microalgae to fuels and chemicals: process evaluation and knowledge gaps. Journal of Cleaner Production, v. 208, p. 1053-1064, 2019. doi: https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2018.10.096.

RAMARAD, S. *et al.* Waste tire rubber in polymer blends: A review on the evolution, properties and future. Progress in Materials Science, v. 72, p. 100-140, 2015. doi: https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2015.02.004.

STABNIKOV, V.*et al.* Construction Biotechnology: a new area of biotechnological research and applications. World Journal of Microbiology and Biotechnology, [S.l.], v. 31, n. 10, p. 1443–1454, 2015. doi: https://doi.org/10.1007/s11274-015-1881-7.

SUDHAKAR, M. P. et al. Feasibility of bioplastic production using micro- and macroalgae - A review. Environmental Research, v. 240, Part 2, p. 117465, 2024. doi: https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.117465.

VARGHESE, S. *et al.* Leads and hurdles to sustainable microbial doi: https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.135390.

ZEIML, M.*et al.* How do polypropylene fibers improve the spalling behavior of in-situ concrete? Cement and Concrete Research, v. 36, n. 5, p. 929-942, 2006. doi: https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2005.12.018.

ZHU, N. *et al.* Compatibilização reativa de compósitos biodegradáveis de microalgas de poli (butileno succinato)/ Espirulina. Macromol. Res., v. 25, p. 165–171, 2017. doi: https://doi.org/10.1007/s13233-017-5025-9.