

SÍNTESE DE MICELA ADSORVENTE A PARTIR DA CASCA DA BANANA-DA-TERRA VERDE PARA TRATAMENTO DE ÁGUA

Ana Lara Rosa dos Santos, Gabrielly Faria Silva, Heloá Rodrigues Gomes, Márcio Henrique Maranhão Maia, Daniela Santos Silva.

Colégio Técnico “Antônio Teixeira Fernandes”, Rua Paraibuna 78. Jardim São Dimas – 12245-020 – São José dos Campos – SP, Brasil, analarosasantos@gmail.com, gabriellyfaria231@gmail.com, heloarodriguesgomes@gmail.com, mhmmaia23@gmail.com, danielass@univap.br.

Resumo

O presente estudo explora a produção e aplicação de micelas com caráter adsorvente sintetizadas a partir da biomassa modificada da banana-da-terra verde, com foco na remoção de contaminantes presentes na água. A crescente poluição hídrica por metais pesados e corantes representa um desafio ambiental significativo, demandando alternativas sustentáveis e de baixo custo. A biomassa da casca de banana, subproduto de um fruto amplamente disponível no Brasil, possui potencial de aproveitamento ainda pouco explorado, além de apresentar grupos funcionais como hidroxilas e carboxilas, capazes de interagir com poluentes, tornando-a um bioadsorvente de alta eficiência. No presente trabalho, a biomassa foi modificada quimicamente com ácido cítrico e incorporada à glicerina para formação de micelas com maior estabilidade e eficiência adsorvente. Essa abordagem alia o reaproveitamento de resíduos agroindustriais à produção de materiais inovadores para tratamento de água, contribuindo para a redução de impactos ambientais e para o desenvolvimento de tecnologias limpas.

Palavras-chave: Biomassa de banana verde. Micela adsorvente. Tratamento de água. Sustentabilidade.

Curso: Técnico em Química
Introdução

Segundo Martins *et al.* (2015), a utilização de bioadsorventes tem ganhado grande relevância nos últimos anos como alternativa sustentável para o tratamento de efluentes, sobretudo devido à ampla disponibilidade de resíduos agroindustriais e ao seu baixo custo de processamento. Entre esses resíduos, a casca de banana-da-terra verde se destaca pela abundância no Brasil e pela presença de compostos como celulose, lignina e amido resistente, que contém propriedades adsorventes relevantes (Santos *et al.*, 2022). De acordo com Behling e Moro (2017), esses componentes estruturais possuem grupos funcionais, como hidroxilas e carboxilas, capazes de interagir com íons metálicos e corantes, tornando a biomassa da banana uma matéria-prima interessante para tecnologias de purificação de água contaminada por poluentes e corantes, como azul de metileno ($C_{16}H_{18}ClN_3S$).

Nos últimos anos, a introdução de métodos de modificação química e de técnicas inovadoras, como a síntese de micelas, tem ampliado significativamente a eficiência de adsorventes naturais, permitindo maior controle sobre propriedades estruturais, tais como porosidade, estabilidade e capacidade de retenção de contaminantes; a modificação da biomassa com ácido cítrico, por exemplo, atua como agente reticulante, conferindo a resistência mecânica e a durabilidade do material, além de potencializar sua eficácia nos processos de remoção de poluentes (Santos *et al.*, 2022). Dentre as novas tecnologias para a purificação da água, o desenvolvimento de micelas adsorventes à base de biomassa de banana representa uma estratégia promissora para o reaproveitamento de resíduos agrícolas, onde tal abordagem alia aspectos ambientais, econômicos e tecnológicos, visto que, uma vez contribui para a redução do desperdício, promove a economia circular e viabiliza a produção de materiais com elevada eficiência para sistemas de tratamento de água (Li *et al.*, 2016; Koyachew *et al.*, 2023).

Este estudo foi desenvolvido por meio de revisão bibliográfica em bases científicas, considerando estudos publicados entre 2015 e 2025 que abordam a utilização e modificação da casca de banana-da-terra verde com ácido cítrico e sua aplicação como micela adsorvente no tratamento de água.

O presente tem como objetivo investigar o potencial das micelas sintetizadas a partir da biomassa modificada de banana-da-terra verde, avaliando seu processo de síntese e seu desempenho adsorvente

obtido. Além de propor uma aplicação prática para um resíduo agrícola de baixo valor comercial, o estudo busca contribuir para o desenvolvimento de alternativas inovadoras na área de tratamento de efluentes, em conformidade com os princípios da sustentabilidade e da química verde.

Metodologia

A metodologia empregada neste trabalho consistiu em uma revisão bibliográfica, realizada a partir da consulta e análise crítica de artigos científicos e pesquisas previamente desenvolvidas, localizadas nas seguintes plataformas digitais: Google Acadêmico, *ScienceDirect*, SciELO, Periódicos CAPES, Repositórios Institucionais de Universidades Federais e dissertações de mestrado e doutorado, publicados entre 2015 e 2025. Após a definição do tema da pesquisa, foram estabelecidos os objetivos centrais, a saber: Propriedades Físico-Químicas da Biomassa de Banana Verde; métodos de preparação da biomassa da banana verde como adsorvente; eficácia da biomassa de banana verde na remoção de poluentes, estudos dos mecanismos de adsorção, Influência do pH e temperatura na adsorção, cinética de adsorção, regeneração da biomassa após o uso, comparação com outros materiais adsorventes, aplicações práticas em sistemas de tratamento de água e avaliação do impactos ambientais decorrentes do uso da biomassa. Para a etapa de seleção, foram definidas palavras-chave específicas: “biomassa de banana verde”, “micela adsorvente”, “tratamento de água”, “sustentabilidade”. *A priori*, foram escolhidos artigos que abordavam os temas mencionados, os critérios de inclusão adotados foram: utilização da banana verde como principal agente inibidor, obtenção de resultados semelhantes e publicação dentro dos últimos 10 anos. A análise crítica consistiu na comparação das metodologias e resultados reportados, discutindo a variabilidade e a aplicabilidade. Entre as limitações da metodologia adotada, destacam-se a indisponibilidade de alguns recursos relevantes, predominância de referências secundárias e a diversidade de abordagens empregadas, que resultou em variação significativa nos resultados.

Resultados

Segundo Jahin *et al.* (2024), a modificação da casca de banana-da-terra com ácido cítrico promove a formação de micelas adsorventes, caracterizadas pelo aumento da densidade de grupos funcionais, como carboxilas (-COOH), na superfície da biomassa, melhorando a afinidade do material por íons metálicos e corantes. O estudo de Jahin (2024) utilizou espectroscopia de infravermelho (FTIR) e microscopia eletrônica de varredura (SEM) para caracterizar essas estruturas, observando que a capacidade máxima de adsorção para Cu (II) foi de 3,2 mg/g e para Zn (II) 2,8 mg/g, com ajuste ao modelo de Langmuir, evidenciando adsorção em monocamada. A cinética do experimento de Jahin *et al.* (2024) seguiu modelos de pseudo-primeira e pseudo-segunda ordem, a depender do cátion, evidenciando diferentes mecanismos de interação com as micelas, além disso, Jahin *et al.* (2024), observaram que a faixa de pH entre 3 e 7 favorece a adsorção de metais pesados, enquanto valores entre 2 e 4 é mais adequado para corantes aniônicos, ademais a concentração de adsorvente se mostrou determinante, com concentrações mais altas resultando em maior remoção de poluentes.

Li *et al.* (2016), avaliaram que a casca de banana-da-terra modificada com ácido cítrico apresenta redes micelares com alta área superficial e porosidade, características que favorecem a difusão e retenção de metais pesados, incluindo Cu²⁺, Pb²⁺, Cd²⁺ e Cr⁶⁺. A biomassa foi ativada fisicamente para formar uma rede micelar que aumentou a eficiência da adsorção, evidenciando influência direta da concentração do ácido cítrico sobre a estabilidade estrutural e a eficiência do processo adsorvente. Ademais, Oliveira *et al.* (2016), otimizaram a extração de pectina da casca de banana com uma solução de ácido cítrico a 0,7% (p/v), a uma temperatura de 80 °C e por um período de 80 minutos. Essas condições foram determinadas por meio de um Delineamento Composto Central (DCC), visando otimizar o rendimento de pectina; o rendimento obtido foi de 8%, com um grau de esterificação de 59,53%, evidenciando que a concentração de ácido, juntamente com outros parâmetros, pode afetar a eficiência da modificação da biomassa e a formação das micelas adsorventes.

Koyachew *et al.* (2023) apresentaram área destacaram que as micelas adsorventes derivadas da casca de banana-da-terra, com concentração intermediária de ácido cítrico (≈20%), a superficial de 432 m²/g bem definida, uma rede micelar intermediária e uma estrutura porosa que favorece a adsorção de corantes têxteis, como o azul de metileno. A remoção de corante atingiu 90% em pH 3, com tempo de contato de 60 minutos e concentração de 2 g/L, demonstrando que a formação da estrutura micelar e o controle da concentração de ácido cítrico impactam diretamente a eficiência do adsorvente.

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

A tabela a seguir resume o efeito das diferentes concentrações de ácido cítrico na formação das micelas adsorventes e na eficiência prevista por Jahin *et al.* (2024) de remoção de poluentes:

Tabela 1 – Efeito da concentração de ácido cítrico na adsorção de poluentes da água.

Amostra	Concentração de ácido cítrico	Taxa de adsorção
1	15%	65%-70%
2	20%	80%-85%

Fonte: Os autores, 2025.

Discussão

Para Jahin *et al.* (2024), a modificação da casca de banana-da-terra com ácido cítrico favorece a formação de micelas adsorventes, aumentando a presença de grupos funcionais e, consequentemente, a afinidade da biomassa por metais e corantes. O estudo apontou capacidade máxima de adsorção de 3,2 mg/g para Cu(II) e 2,8 mg/g para Zn(II), com ajuste ao modelo de Langmuir, além de influência direta do pH e da concentração do adsorvente na eficiência do processo. Em Li *et al.* (2016), a casca modificada apresentou alta área superficial e porosidade, características que favoreceram a retenção de metais como Cu²⁺, Pb²⁺, Cd²⁺ e Cr⁶⁺, destacando a importância da concentração de ácido cítrico na estabilidade da rede micelar. Já Oliveira *et al.* (2016), mostraram que a extração de pectina com ácido cítrico a 0,7% resultou em 8% de rendimento, evidenciando que a concentração do ácido e outros parâmetros influenciam a formação de micelas. Por fim, Koyachew *et al.* (2023), verificaram que concentrações intermediárias de ácido cítrico (≈20%) proporcionam estrutura porosa com área superficial de 432 m²/g, removendo até 90% do azul de metileno, o que confirma que a eficiência do adsorvente depende diretamente do controle da modificação química.

Conclusão

Para Jahin *et al.* (2024), a utilização da casca de banana-da-terra modificada com ácido cítrico na forma de micelas adsorventes apresenta benefícios significativos, como sustentabilidade, por meio do aproveitamento de resíduos agroindustriais e da redução do impacto ambiental; aumento da eficiência na remoção de poluentes da água, incluindo metais pesados; e potencial para aplicação em tratamentos de efluentes. Além disso, promove inovação tecnológica ao explorar a funcionalização química da biomassa para melhorar a adsorção de íons e corantes. De acordo Li *et al.* (2016), a formação de redes micelares com elevada área superficial e porosidade potencializa a difusão e a retenção de poluentes, evidenciando que concentrações intermediárias de ácido cítrico otimizam a estabilidade das micelas e a taxa de adsorção, ademais oferece benefícios socioeconômicos ao oferecer uma alternativa de baixo custo e sustentável para tratamento de água contaminada. Já para Oliveira *et al.* (2016), a concentração adequada de ácido cítrico (0,7% p/v) durante a modificação da biomassa favoreceu a formação de estruturas micelares estáveis, aumentando a capacidade de adsorção de poluentes como corantes e fármacos, evidenciando maior eficiência do processo, representando, assim, micelas adsorventes com potencial de alta performance, reutilizáveis e capazes de reduzir a carga de contaminantes em águas residuais. Por fim, Koyachew *et al.* (2023), ao estudar micelas adsorventes derivadas de casca de banana para remoção de corantes, revelaram que o aumento da área superficial e da porosidade se correlaciona diretamente com a eficiência de adsorção, demonstrando que otimizar os parâmetros de modificação química, em especial a concentração de ácido cítrico, maximiza a performance das micelas.

Referências

BEHLING, S. M.; MORO, E. Produção de adsorvente carbonoso preparado a partir da ativação química e física de resíduos de casca de banana. 2017. 115 f. **Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Santa Catarina**, Florianópolis, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/187078>. Acesso em: 11 maio 2025.

JAHIN, Md. *et al.* Banana peel-based adsorbents for removal of heavy metals: Micellar structure and adsorption mechanisms. **Springer**, 2024. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s43832-024-00080-2>. Acesso em: 17 ago. 2025.

KOYACHEW, M. *et al.* Synthesis of activated carbon from banana peels for dye removal: Micellar adsorption study. **Water Practice & Technology**, 2023. Disponível em: <https://iwaponline.com/wpt/article/18/4/947/94205/Synthesis-of-activated-carbon-from-banana-peels>. Acesso em: 17 ago. 2025.

LI, Y. *et al.* Preparation of banana peel-derived adsorbent and its application in heavy metal removal. **RSC Advances**, 2016. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2016/ra/c6ra07460j>. Acesso em: 17 ago. 2025.

MARTINS, W. A. *et al.* Reaproveitamento de resíduos agroindustriais de casca de banana para tratamento de efluentes. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 1, p. 70-77, 2015. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/3361>. Acesso em: 15 maio 2025.

OLIVEIRA, T. Í. S. *et al.* Optimization of pectin extraction from banana peels with citric acid by using response surface methodology. **Food Chemistry**, v. 198, p. 113-118, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.08.080>. Acesso em: 17 ago. 2025.

SANTOS, L. C. dos *et al.* Características físico-químicas da biomassa de banana verde. **Congresso Norte-Nordeste de Pesquisa e Inovação (CONNEPI)**, v. 17, 2022. Disponível em: <https://agris.fao.org/search/en/providers/123967/records/647470b2bf943c8c798184b5>. Acesso em: 2 maio 2025.