

REINSERÇÃO DE RESÍDUOS DA SERICULTURA NA ECONOMIA VISANDO O DESENVOLVIMENTO DE BIOMATERIAIS PELO PROCESSO DE ELETROFIAÇÃO

Diogo Seiti Tomioka (PIBIC/CNPq/FA/UEM), Prof. Dra. Mara Heloisa Neves Olsen Scaliante (Orientador). E-mail: mhnoscaliante2@uem.br, Prof. Dr. Wardleison Martins Moreira (Coorientador). E-mail: wmmoreira@uem.br. Danielly Cruz Campos Martins (Coautora). E-mail: dccmartins2@uem.br.

Universidade Estadual de Maringá, Centro de Tecnologia, Maringá, PR.

Engenharia Química, Tratamentos e Aproveitamento de Rejeitos.

Palavras-chave: Dióxido de Titânio; Fotocatálise; Azul de Metileno.

RESUMO

O Brasil, como um dos maiores produtores mundiais de seda, enfrenta desafios significativos com o descarte de subprodutos industriais, especialmente casulos de segunda classe e sericina gerada no processo de degomagem. Esses resíduos, muitas vezes negligenciados, representam uma oportunidade única de inovação tecnológica. Este estudo visa reintroduzir essas proteínas na indústria por meio da produção de membranas fotocatalíticas, uma abordagem promissora para o tratamento de efluentes. As membranas produzidas, compostas por PVDF, DMA e fibroína, foram impregnadas com TiO_2 , um fotocatalisador amplamente estudado para a degradação de poluentes emergentes em águas residuais. Entre as membranas testadas, a que incorporou fibroína apresentou uma degradação de 51,12% do azul de metileno após 3 horas de reação, superando em 17,89% a eficiência de uma membrana sem fibroína. Esse aumento significativo na eficiência fotocatalítica destaca a potencialidade do uso de resíduos da indústria da seda em soluções tecnológicas avançadas para a remediação ambiental.

INTRODUÇÃO

A sericultura, atividade que integra a indústria e o sericultor, abrange o cultivo da amoreira e a criação do bicho-da-seda para a produção de casulos, dos quais se extraem os fios de seda. O Brasil, como o maior produtor de seda em escala comercial no Ocidente, destaca-se pela alta qualidade de seus fios, resultado

de um eficiente sistema integrado de produção. No entanto, esse processo industrial gera uma quantidade considerável de resíduos, especialmente casulos de segunda classe e sericina, que são descartados. Esses subprodutos, constituídos principalmente por fibroína (70-80%) e sericina (~30%), representam uma lacuna na literatura, pois seu potencial de reutilização em aplicações industriais ainda é pouco explorado (GIACOMIN, 2018; ROCHA *et al.*, 2017; DASH *et al.*, 2009).

Paralelamente, a rápida urbanização e industrialização têm causado inúmeros problemas ambientais, destacando-se a poluição hídrica por contaminantes emergentes (CEs), como o azul de metileno (AM). Esse corante, amplamente utilizado nas indústrias têxtil e farmacêutica, é frequentemente lançado em cursos d'água, e sua exposição prolongada pode causar sérios riscos à saúde humana e ao meio ambiente. Nesse contexto, torna-se crucial o desenvolvimento de materiais inovadores e sustentáveis que possam mitigar esses problemas (OLIVEIRA *et al.*, 2013; IMMAMURA *et al.*, 2024).

Diante do exposto, este trabalho propõe a produção de membranas poliméricas a partir de resíduos da seda, como fibroína e sericina, utilizando o processo de eletrofiliação com a adição do fotocatalisador TiO₂. Essas membranas, quando combinadas com a fotocatalise heterogênea, oferecem uma solução promissora para a remoção eficiente de contaminantes emergentes, como o azul de metileno, pois o processo não gera poluentes secundários e opera sob condições ambientais brandas. Assim, este estudo não apenas aborda a lacuna na reutilização de resíduos industriais da seda, mas também avança no desenvolvimento de tecnologias de tratamento de efluentes, destacando-se pela inovação e pela aplicação prática dessas soluções sustentáveis.

MATERIAIS E MÉTODOS

As proteínas extraídas dos casulos do bicho-da-seda foram utilizadas para a produção de membranas poliméricas estáveis e eficientes. A sericina foi isolada por meio do processo de degomagem, seguido da filtração a vácuo e refrigeração a -4°C para promover o fracionamento da sericina, o que resultou na formação de um gel após 24 horas. Este gel, contendo sericina de alta massa molecular, foi então filtrado novamente, e a sericina foi armazenada e congelada.

De maneira semelhante, outros casulos foram submetidos a um processo de degomagem de 30 minutos para a extração da fibroína. As fibras remanescentes foram lavadas com água destilada e em seguida foram secas em estufa. Essas fibras foram então imersas em uma solução ternária de cálcio, metanol e água (na razão molar de 1:2:8) e mantidas sob agitação a 78°C por 2 horas. A solução final foi congelada por 3 dias para a obtenção da fibroína pura.

Para a produção das membranas, foram testadas várias composições de soluções poliméricas com o objetivo de obter membranas homogêneas e estáveis. A estabilidade das membranas foi avaliada por meio de análises de massa e alterações na absorvância em meio reacional, ao serem submetidas à agitação em ambiente aquoso. Dentre as composições testadas, as membranas contendo PVA/Água e PVDF/DMA foram as mais promissoras. No entanto, a única composição que resultou em membranas homogêneas e estáveis em água foi a mistura de PVDF/DMA.

Com base nessa solução estoque, foi realizada a eletrofiliação de membranas contendo as proteínas extraídas dos casulos e o catalisador selecionado. A aplicabilidade dessas membranas no processo de fotocatalise foi avaliada em um módulo de irradiação artificial, utilizando 150 mL de solução de azul de metileno a 10 mg.L^{-1} e pH 7,00. A variação na concentração do corante foi monitorada por espectrofotometria UV-VIS, com o uso de 16 cm^2 de membrana em cada teste.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos demonstram que a membrana composta por PVDF, DMA e fibroína impregnada com TiO_2 apresentou as melhores características físicas entre as amostras testadas. A membrana foi produzida a partir de uma solução polimérica contendo 15% de PVDF/DMA (m/m) sob condições específicas de eletrofiliação: 3 mL de solução, vazão de 0,53 mL/h, tensão de 18 kV e distância de trabalho de 10 cm. Esta membrana mostrou-se homogênea e durante os testes de estabilidade em meio aquoso, avaliou-se uma alta estabilidade dimensional.

Os testes de fotólise obteve uma remoção de azul de metileno de menos de 30%. Dessa forma, de forma estudar vias de aumentar essa remoção, membranas contendo o fotocatalisador TiO_2 foram sintetizadas pela técnica de eletrofiliação. Três composições de soluções poliméricas foram avaliadas no processo de eletrofiliação: (I) TiO_2 /PVDF, (II) TiO_2 /Sericina/PVDF e (III) TiO_2 /Fibroína/PVDF, todas com 0,23% (m/m) de TiO_2 e 10% (m/m) de sericina ou fibroína. No entanto, algumas dificuldades foram encontradas durante o processo de produção, como a formação de um gel físico nas soluções poliméricas ao adicionar a fibroína. Dessa forma, foi necessário realizar uma diluição DMA na proporção 2:1, para evitar a formação do gel físico.

Com relação às membranas sintetizadas, a membrana III, que incorporou fibroína, apresentou um desempenho superior, removendo 51,12% do azul de metileno da solução após 210 minutos de ensaio, em comparação com 33,22% de remoção pela membrana I, que não continha fibroína. Já membrana II apresentou a maior eficiência até os 90 minutos de ensaio, porém se equiparou a membrana III após esse tempo, terminando o teste com a mesma remoção. A eficiência superior

da membrana III, em comparação com as outras, destaca a importância da composição da solução polimérica e a incorporação de fibroína na melhoria da eficiência do processo fotocatalítico, oferecendo uma abordagem promissora para o tratamento de efluentes contaminados com corantes.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos sugerem que a incorporação de fibroína em membranas fotocatalíticas pode aumentar significativamente sua eficiência na degradação de poluentes emergentes. Os resultados indicam que a capacidade fotocatalítica da membrana aumentou em 17,89% com a adição de fibroína, o que aponta para o potencial dessa abordagem em aumentar a área de membrana utilizada em processos de tratamento de efluentes.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq pelo auxílio financeiro fornecido, à UEM pelo espaço e ensino provido durante toda minha graduação, bem como ao grupo de pesquisa LDPS – DEQ(UEM) pelo auxílio prestado durante o desenvolvimento do projeto.

REFERÊNCIAS

DASH, R.; KUNDU, S.C.; MANDAL, B. B. Silk gland sericin protein membranes: fabrication and characterization for potential biotechnological applications. **J. Biotechnol.**, v. 144, p. 321-329, 2009.

GIACOMIN, Alessandra Maria. **Dinâmica da inovação da sericultura no Brasil**. 2018. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

IMMAMURA, N. M.; TOMIOKA, D. S. **Economia circular: transformando resíduos da sericultura em biomateriais através da eletrofição**. 2024. Trabalho de conclusão de curso - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2024.

OLIVEIRA, S. P.; SILVA, W. L. L.; VIANA, R. R. Avaliação da capacidade de adsorção do corante azul de metileno em soluções aquosas em caulinita natural e intercalada com acetato de potássio. **Cerâmica** 59 (2013), p. 338-344.

33° Encontro Anual de Iniciação Científica
13° Encontro Anual de Iniciação Científica Júnior



10 e 11 de Outubro de 2024

ROCHA, L. K. H. *et al.* Sericin from *Bombyx mori* cocoons. Part I: Extraction and physicochemicalbiological characterization for biopharmaceutical applications. **Process. Biochem**, v. 61, p. 163-177, 2017.

