

DESENVOLVIMENTO DE MÉTODOS DESPOLUENTES PARA A RECUPERAÇÃO DE ÁGUAS RESÍDUAIS

Bruno Carvalho Martins, Heveline Enzweiler, Luiz Jardel Visioli, Ana Paula Spezia
Darif, Alexandre Tadeu Paulino

INTRODUÇÃO

O descarte inadequado de insumos industriais tem contribuído para a poluição ambiental e para a presença de poluentes emergentes nos corpos d'água, como fármacos, corantes e cafeína, que apresentam toxicidade biológica, persistência e potencial de bioacumulação (Yuan et al., 2025). Entre eles, destaca-se o ibuprofeno, um dos medicamentos mais consumidos no mundo para o tratamento de febre, dores e inflamações (Sruthi et al., 2021). Apesar da relevância, o conhecimento sobre poluentes emergentes ainda é limitado, dificultando a aplicação de métodos eficientes de tratamento, sendo os processos oxidativos avançados (POA), como a fotocatalise, os que apresentam maior potencial por utilizarem radicais hidroxila na degradação dos contaminantes (Noorani et al., 2025). Nesse contexto, o catalisador Pd-TiO₂/ZSM-5 vem sendo estudado devido à sua alta atividade fotoativa, com a zeólita ZSM-5 atuando como suporte, o TiO₂ como fase ativa e o Pd como co-catalisador (Enzweiler et al., 2020). Além disso, materiais à base de biopolímeros, como hidrogéis de quitosana, vêm ganhando destaque pela eficiência em adsorção, baixo custo, biodegradabilidade e sustentabilidade (Das & Patel, 2024; Hsu et al., 2024). O presente trabalho tem como objetivo avaliar o efeito de diferentes concentrações do catalisador Pd-TiO₂/ZSM-5 imobilizado em membranas de quitosana para a degradação do ibuprofeno obtido em comércio local.

DESENVOLVIMENTO

Preparou-se uma solução de ibuprofeno na concentração de 10 ppm. Em seguida, foram desenvolvidas as membranas de hidrogel à base de quitosana, serragem de pinus, ácido acético e glutaraldeído variando-se a concentração de catalisador em 15% e 20% em relação a massa de quitosana. As membranas foram submetidas à secagem/reticulação em estufa a 60°C por 24h.

As membranas foram fixadas em um copo de quartzo e inseridas dentro de um reator batelada a uma temperatura de 25°C. O meio reacional ficou em agitação no escuro durante os primeiros 30 min. Após isso, ligou-se uma lâmpada UVC de 7W posicionada no centro do reator e a solução ficou sob o efeito da luz durante 600 min. Nos primeiros 120 min, as amostras foram retiradas de 30 em 30 min, e após esse período, as amostras foram retiradas a cada 60 minutos. Depois de retiradas, as amostras foram analisadas através de um espectrofotômetro de bancada (Bel, UV-M51). As concentrações de ibuprofeno foram mensuradas no comprimento de onda de 220 nm.

RESULTADOS

Como mostra a Figura 1, a reação com 15% de catalisador resultou em 63,86% de degradação de ibuprofeno, enquanto com 20% o índice foi menor, 60,56%. Isso indica que a maior concentração não foi mais eficiente, possivelmente devido à alta

concentração de catalisador nas membranas que, por sua constituição não translúcida, acaba criando uma “sombra que impede a passagem de luz para que ocorra a degradação (Nelson; Mecha; Kumar; 2025).

Outro aspecto a ser avaliado refere-se às condições das membranas após as reações, conforme ilustrado na Figura 2. Observa-se que ambas sofreram fragmentação, o que representa uma limitação significativa para a aplicação em escala industrial. Isso porque, caso a membrana se rompa, torna-se inviável o seu reuso, sendo essa uma das principais vantagens associadas à imobilização do catalisador na matriz polimérica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir destes resultados, observa-se que a membrana com a maior concentração de catalisador, não apresentou incremento significativo na porcentagem de degradação do ibuprofeno. Esse comportamento sugere que a utilização de uma menor quantidade de catalisador, como foi feito com as membranas de 15%, pode ser mais vantajosa. Além disso, a fragmentação observada nas membranas após as reações inviabiliza sua reutilização, o que compromete uma das principais vantagens da imobilização do catalisador. Como alternativa, considera-se o uso do catalisador disperso diretamente na solução reacional; entretanto, nesse caso, torna-se necessário implementar etapas adicionais para a separação e remoção do catalisador do meio líquido após o processo. Outra alternativa, seria estudar diferentes composições do hidrogel de quitosana afim de melhorar sua estrutura e reutilização.

Palavras-chave: Catalisador. Ibuprofeno. Membrana.

ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Degradação do ibuprofeno

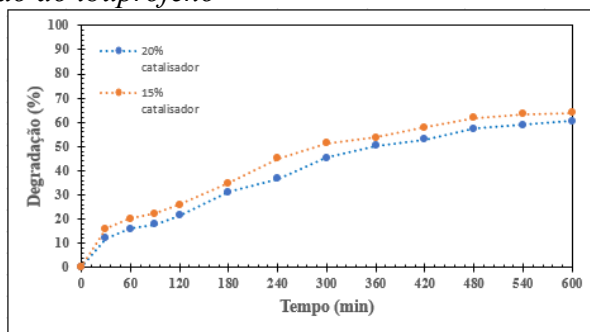
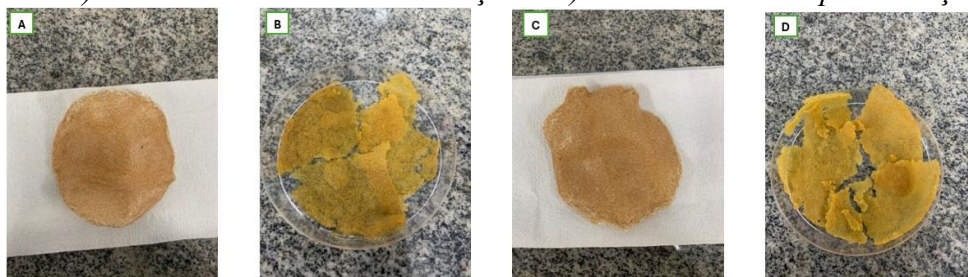


Figura 2. A-) Membrana 15% de catalisador antes da reação. B-) Membrana 15% após a reação. C-) Membrana 20% antes da reação. D-) Membrana 20% após a reação.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

YUAN, S. et al. Effective removal of composite emerging composite pollutants by irradiation: Composite process, composite mechanism and removal process. *Journal of Water Process Engineering*, v. 72, p. 107555, 3 abr. 2025.

PEER MUHAMED NOORANI, K. R. et al. Recent advances in remediation strategies for mitigating the impacts of emerging pollutants in water and ensuring environmental sustainability. *Journal of Environmental Management*, v. 351, p. 119674, 1 fev. 2024.

HSU, Chou-Yi et al. Adsorption of heavy metal ions use chitosan/graphene nanocomposites: a review study. *Results In Chemistry*, [S.L.], v. 7, p. 101332, jan. 2024.

Sruthi, L., Janani, B., & Sudheer Khan, S. (2021). Ibuprofen removal from aqueous solution via light-harvesting photocatalysis by nano-heterojunctions: A review. *Separation and Purification Technology*, 279(119709), 119709.

ENZWEILER, H. et al. Catalyst concentration, ethanol content and initial pH effects on hydrogen production by photocatalytic water splitting. *Journal of photochemistry and photobiology. A, Chemistry*, v. 388, n. 112051, p. 112051, 2020.

DAS, T.; PATEL, D. K. Efficient removal of cationic dyes using lemon peel-chitosan hydrogel composite: RSM-CCD optimization and adsorption studies. *International Journal of Biological Macromolecules*, p. 133561–133561,

NELSON, K.; MECHA, A. C.; KUMAR, A. Performance and reusability features of solar-driven N-TiO₂-PVDF hybrid photocatalytic membrane for sulphamethoxazole degradation. *Results in Materials*, v. 27, p. 100750, 11 ago. 2025.

DADOS CADASTRAIS

BOLSISTA: Bruno Carvalho Martins

MODALIDADE DE BOLSA: PIBIC/CNPq (IC)

VIGÊNCIA: 09/2024 a 08/2025 – Total: 12 meses

ORIENTADOR(A): Alexandre Tadeu Paulino

CENTRO DE ENSINO: CCT

DEPARTAMENTO: Departamento de Química CCT

ÁREAS DE CONHECIMENTO: Ciências Exatas e da Terra / Química

TÍTULO DO PROJETO DE PESQUISA: Desenvolvimento de Métodos Despoluentes para
Recuperação de Águas Residuais

Nº PROTOCOLO DO PROJETO DE PESQUISA: NPP4020-2022