

EFICÁCIA DE FOTOCATALISADORES MAGNÉTICOS PARA DEGRADAÇÃO DE FÁRMACOS

MARIA CAROLINA GOMES SILVA E SILVA¹; JULIA MENDES²; CÍCERO COELHO ESCOBAR³

¹Universidade Federal de Pelotas – mariacarolinagssilva@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – mndsjulix@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – cicero.escobar@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, os fármacos são considerados poluentes emergentes, devido ao pouco conhecimento sobre sua toxicidade e consequências no ambiente aquático. (MANAHAN, 2015). Estudos sobre os impactos dos poluentes emergentes estão sendo impulsionados por leis e marcos que salientem a importância do cuidado com a poluição dos corpos hídricos, como a lei 14.026, que atualiza o marco legal de saneamento básico do Brasil (BRASIL, 2020).

O principal meio de entrada dos fármacos é por excreção humana, pois uma parte dos medicamentos não é absorvida e metabolizada. Logo, essa porcentagem que não sofre alterações metabólicas, vai diretamente para os corpos hídricos e precisa passar por tratamentos para não ser prejudicial à saúde humana (GOULART, 2017).

Uma das consequências do não tratamento é a feminização de peixes machos, em decorrência de altos níveis de estrógeno nas águas. Juntamente há a preocupação das espécies entrarem em extinção; espécies entrarem em colapso; e prejudicar a qualidade de vida da humanidade (MANAHAN, 2015).

Um dos tratamentos mais promissor é a Fotocatálise heterogênea, onde ocorre um processo oxidativo avançado, porém uma das grandes dificuldades desse processo é a separação do fotocatalisador e poluente (MENDES, 2023).

Logo, o objetivo desse trabalho é analisar a eficiência de fotocatalisadores magnéticos para degradação de fármacos, a fim de utilizar-se nos experimentos futuros em laboratório e com amostras reais. A utilização de semicondutores magnético torna-se relevante, devido a facilidade para separar o fotocatalisador e poluente do corpo hídrico.

2. METODOLOGIA

Esse trabalho baseou-se no referencial da pesquisa bibliográfica. Primeiramente, fez-se a leitura e compreensão de trabalhos relacionados a fotocatalise heterogênea utilizando fotocatalisadores de caráter magnético, pesquisando no site *Scidirect*. Deu-se preferência para pesquisas realizadas nos últimos cinco anos. Posteriormente, realizou-se uma tabela no *Microsoft Excel*, e observou-se quais fotocatalisadores serão possíveis começar experimentos em laboratório e com amostras reais, devido sua respectiva eficácia.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 pode-se analisar oito referenciais, com objetivos de degradação de diferentes fármacos.

FOTOCATALISADOR	POLUENTE	CONDIÇÃO DAS REAÇÕES	REFERÊNCIA
Fe ₃ O ₄ /CdS/g-C ₃ N ₄	Ciprofloxacina	Luz visível Ccatalisador: 500mg/L Cpoluente: 20mg/L	Zhang et al., 2020
BiOCl/g-C ₃ N ₄ /Cu ₂ O/Fe ₃ O ₄	Sulfametoxazol	Luz visível Ccatalisador: 200mg/L Cpoluente: 25mg/L	Kumar et al., 2018
g-C ₃ N ₄ /TiO ₂ /Fe ₃ O ₄ /SiO ₂	Ibuprofeno	Luz visível Ccatalisador: 200mg/L Cpoluente: 2mg/L	Kumar et al, 2018
g-C ₃ N ₄ /CoFe ₂ O ₄ /ZnO	Penicilina	Luz visível Ccatalisador: 50mg/L Cpoluente: 100mg/L	Baladi et al., 2022
g-C ₃ N ₄ /Zn dopado com Fe ₃ O ₄	Cefalexina	Luz visível Ccatalisador: 50mg/L Cpoluente: 10mg/L	Nguyen et al., 2019
g-C ₃ N ₄ /TiO ₂ /Fe ₃ O ₄	Trimetoprima e Isoniazida	Radiação ultravioleta Ccatalisador: 1000mg/L Cpoluente: 200mg/L	Snarp & Yilmaz, 2022
ZnFe ₂ O ₄ /BiVO ₄ /Fe ₃ O ₄	Lomefloxacino	Luz visível Ccatalisador: 500mg/L Cpoluente: 25mg/L	Truong et al, 2022
g-C ₃ N ₄ /BiOBr/Fe ₃ O ₄	Tetraciclina	Luz visível Ccatalisador: 500mg/L Cpoluente: 15mg/L	Preeyanghai et al., 2022

Tabela 1: Especificação das bibliografias estudadas.

Primeiramente, analisou-se os reagentes para realizar o fotocatalisador, e viu-se quais há disponíveis no laboratório. Após, verificou-se qual das bibliografias irá ser usada como base para as pesquisas – a escolhida foi a de Zhang (2020), justamente por já haver os reagentes e o poluente no laboratório.

Em relação a eficácia, vale destacar a importância de saber a porcentagem de Nitreto de Carbono Grafítico (g-C₃N₄), como é especificado na conclusão de Zhang (2020), onde obteve um melhor resultado utilizando 15% de g-C₃N₄. Já na bibliografia de Truong (2022), utilizou-se 10% de g-C₃N₄ e obteve degradação de 96,1% do fármaco Lomefloxacino. Além dessa bibliografia salientar a importância do processo de fotocatalise, pois a avaliação ecotoxicológica, a partir do teste de mutagenicidade, confirmou a redução da toxicidade do poluente (TRUONG, 2022).

Outro ponto de destaque dá-se à utilização de luz solar natural para realização da fotocatalise, objetivo também das pesquisas em torno deste tema. O estudo de Kumar (2018), comprova a degradação de 92,1% com 120 minutos a luz natural. Mas também, há a degradação de 99,5% de Sulfametoxazol com 60 minutos de luz visível (KUMAR, 2018).

Ademais, a grande dificuldade da fotocatalise é separar o fotocatalisador e o poluente do corpo hídrico. Logo, os experimentos de Kumar (2018) para degradação de Ibuprofeno; de Nguyen (2019); e de Snarp e Yilmaz (2022), há análise e aprovação da eficácia de usar compostos magnéticos juntos com g-C₃N₄, a fim de conseguir retirar o conjunto catalisador com fármaco do corpo hídrico com auxílio de um campo magnético externo. Inclusive há possibilidade de reciclagem e reutilização do catalisador após alguns usos (KUMAR, 2018), o que proporciona mais sustentabilidade e economia no tratamento dos efluentes contaminados com fármacos.

Aponta-se importante a utilização de outros compósitos sintetizados com o g-C₃N₄, pois pode-se alcançar seis vezes mais degradação do que usar apenas o

Nitreto de carbono grafítico (PREEYANGHAA, 2022), com o propósito também de acelerar a degradação para que não ocorram consequências drásticas, como o caso em um lago no Canadá, onde uma espécie de peixes entrou em colapso devido a exposição do hormônio 17β -estradiol, o que ocasionou a feminização dos peixes machos dessa espécie (KIDD, 2007).

A menor eficácia foi apontada por Baladi (2022), onde apresentou de 52 a 60% de degradação da Penicilina. Mesmo com a menor eficácia dentre as bibliografias analisadas, é um valor significativo. Ressalta-se que Snarp e Ylmaz (2022) realizaram uma análise dos fármacos Trimetoprima e Isoniazida em conjunto, justamente por esses antibióticos serem usados juntos para tratamento da tuberculose (SNARP E YLMAZ, 2022).

4. CONCLUSÕES

Conclui-se que o uso de fotocatalisadores magnéticos é preciso para o tratamento de efluentes com poluentes emergentes, como os fármacos. Outrossim, as bibliografias analisadas nesse trabalho foram majoritariamente com poluentes da classe dos antibióticos, pois analisa-se falta de pesquisas com essa classe de medicamentos. Ademais, grande parte dos trabalhos utilizou luz visível e radiação ultravioleta, entretanto a melhor forma de aplicar em grande escala seria com a luz solar natural. Logo, mais estudos e pesquisas na área são necessários e urgentes.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALADI, E.; DAVAR, F.; HOJJATI-NAJAFABADI, A. *Synthesis and characterization of g-C₃N₄-CoFe₂O₄-ZnO magnetic nanocomposites for enhancing photocatalytic activity with visible light for degradation of penicillin G antibiotic. **Environmental Research**, v. 215, p. 114270, 2022.*

BRASIL. **Lei 14.026**. Planalto, Brasília, 15 de jul. 2020. Acessado em 30 ago. 2023. Online. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm

GOULART, F. A. B. **Contaminantes Emergentes em um país emergente: Estudo de caso no Rio Barigui**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

KIDD, K. A. *Collapse of a fish population after exposure to a synthetic estrogen. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America***, v. 104 (21) p.8897-89, 2007.

KUMAR, A. *Development of g-C₃N₄/TiO₂/Fe₃O₄@SiO₂ heterojunction via sol-gel route: a magnetically recyclable direct contact Z-scheme nanophotocatalyst for enhanced photocatalytic removal of ibuprofen from real sewage effluent under visible light. **Chemical Engineering Journal***, v. 353, p. 645-656, 2018.

KUMAR, A. *Quaternary magnetic BiOCl/g-C₃N₄/Cu₂O/Fe₃O₄ nano-junction for visible light and solar powered degradation of sulfamethoxazole from aqueous environment. **Chemical Engineering Journal***, v. 334, p. 462-478, 2018.

NGUYEN, X. S. *Photocatalytic degradation of cephalexin by g-C₃N₄/Zn doped Fe₃O₄ under visible light.* **Environmental Technology**, v. 42, n. 8, p. 1292-1301, 2021.

PREEYANGHAA, M. *Revealing the charge transfer mechanism in magnetically recyclable ternary g-C₃N₄/BiOBr/Fe₃O₄ nanocomposite for efficient photocatalytic degradation of tetracycline antibiotics.* **Chemosphere**, v. 303, p. 135070, 2022.

SARP, G.; YILMAZ, E. *g-C₃N₄@TiO₂@Fe₃O₄ multifunctional nanomaterial for magnetic solid-phase extraction and photocatalytic degradation-based removal of trimethoprim and isoniazid.* **ACS omega**, v. 7, n. 27, p. 23223-23233, 2022.

STANLEY, E. M. **Química ambiental**. Porto Alegre: Bookman, 2015.

TRUONG, H. B. *Magnetic visible-light activated photocatalyst ZnFe₂O₄/BiVO₄/g-C₃N₄ for decomposition of antibiotic lomefloxacin: Photocatalytic mechanism, degradation pathway, and toxicity assessment.* **Chemosphere**, v. 299, p. 134320, 2022.

ZHANG, N. *Fabrication of magnetically recoverable Fe₃O₄/CdS/g-C₃N₄ photocatalysts for effective degradation of ciprofloxacin under visible light.* **Ceramics International**, v. 46, n. 13, p. 20974-20984, 2020.