

SÍNTESE DE Fe_3O_4 -ZNS NA DESCONTAMINAÇÃO DE CORANTES EM EFLUENTES E SUA APLICAÇÃO NOS SETORES INDUSTRIAIS

PEDRO AUGUSTO SCHONHOFEN BRAGA¹; VINICIUS PEREIRA DIAS²;
GIOVANNI MIKAEL NOGUERA FABRA³; MATEUS MENEGHETTI FERRER⁴;
CRISTIANE WIENKE RAUBACH⁵; SERGIO DA SILVA CAVA⁶

¹Universidade Federal de Pelotas – pedroschonhofen@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – viniciusdiassvp@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – giovannimikael07@gmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas – mateusmferrer@gmail.com

⁵Universidade Federal de Pelotas – craubach.iqg@ufpel.edu.br

⁶Universidade Federal de Pelotas – sergiocava@gmail.com

1. DESCRIÇÃO DA INOVAÇÃO

A fotocatalise emergiu nos últimos anos como uma tecnologia de grande potencial, aproveitando a energia solar não apenas para a geração de calor e controle térmico, mas também para impulsionar reações químicas voltadas à recuperação ambiental (DIAS et al., 2018). Analisando o mercado, tecnologias que se enquadram como Processos Oxidativos Avançados (POAs), como a fotocatalise, têm se tornado proeminentes por sua habilidade em degradar poluentes de alta complexidade (MOURÃO et al., 2009). Neste cenário, o projeto atual foca na síntese de um material, formado pela união de dois semicondutores: Fe_3O_4 e ZnS. A obtenção desses materiais se dará por meio de métodos de síntese hidrotermal assistido por micro-ondas e o método de combustão, que dão alta eficiência na degradação fotocatalítica de poluentes orgânicos em efluentes industriais.

A magnetita (Fe_3O_4) é um óxido de grande interesse científico por seu comportamento magnético, facilidade de modificação superficial e aplicabilidade em sistemas de remediação ambiental (NASCIMENTO, 2013). O ZnS, por sua vez, é reconhecido por suas propriedades ópticas e fotocatalíticas, além de possuir elevada estabilidade química, o que o torna ideal para a purificação de águas contaminadas (BOUKROUNE et al., 2019; FANG et al., 2011). A junção desses dois materiais resulta em um composto versátil, com capacidade para degradar eficientemente compostos orgânicos complexos, como os corantes Rodamina B e Azul de Metileno, frequentemente encontrados em efluentes da indústria têxtil, uma das maiores consumidoras desses pigmentos (COLPINI et al., 2006).

O grande diferencial deste material é sua habilidade de usar a luz solar para acelerar a decomposição de poluentes orgânicos de forma mais eficaz que outras tecnologias fotocatalíticas. Quando comparado a outras soluções de mercado, este material se destaca pela fácil recuperação e reutilização, conferida pelas propriedades magnéticas do Fe_3O_4 , e pela estabilidade química e fotocatalítica do ZnS (BOUKROUNE et al., 2019; NASCIMENTO, 2013).

2. ANÁLISE DE MERCADO

A fotocatalise tem se consolidado recentemente como uma abordagem de alta eficácia para a degradação de corantes (COLPINI et al., 2006). Neste

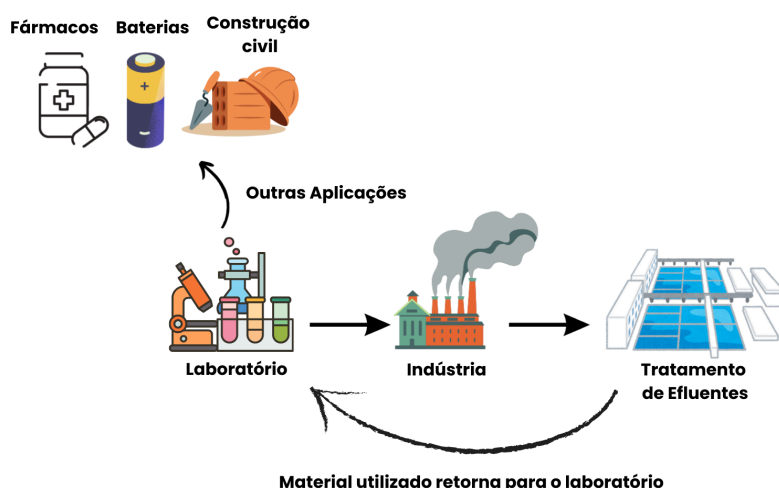
contexto, um material fotocatalítico como o $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-ZnS}$ destina-se a um público-alvo específico: indústrias que produzem efluentes líquidos com alta carga de compostos orgânicos. Entre os principais setores estão o têxtil, químico, de papel e celulose e o de processamento de alimentos. Tais indústrias são obrigadas a seguir normas ambientais estritas para o descarte de seus resíduos, como a NBR 9800 (1987), que normatiza o tratamento de efluentes industriais.

Indo para outras aplicações, Fe_3O_4 tem sido bastante investigado para aplicações em dispositivos de armazenamento de energia, especialmente como material de ânodo em baterias de íons de lítio e em capacitores eletroquímicos (JEZINI, 2015). Além disso, sua aplicação é também usada na biomedicina, especialmente em sistemas para a liberação controlada de fármacos, como agentes de contraste em imagem por ressonância magnética (MRI) e em terapias de hipertermia magnética (TARTAJ et al., 2011). Já o zinco, amplamente utilizado na construção civil em processos como a galvanização, é um metal encontrado na natureza principalmente na forma de ZnS (OLIVEIRA, 2016).

3. ESTRATÉGIA DE DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO

O modelo de negócios proposto baseia-se no fornecimento de uma solução completa para o tratamento de efluentes industriais. O modelo de negócios proposto, seria na parte comercialização e reutilização do produto. Fornecemos o material $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-ZnS}$ ao cliente para aplicação em tratamento de efluentes, permitindo que ele o recupere magneticamente para reutilização imediata e, ao final do seu ciclo de vida, o devolva a nós para ser reciclado em novos materiais, completando um ciclo fechado, como mostrado na figura 1.

Nossa tecnologia está atualmente no nível 5 de TRL (Technology Readiness Level), o que significa que seus componentes principais foram validados em um ambiente controlado de laboratório. Os métodos de síntese estão bem definidos e demonstra a eficácia do material na descontaminação dos poluentes-alvo.



Fonte: Autor (2025)

Figura 1: Ciclo de reutilização do material $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-ZnS}$ em diferentes aplicações

4. RESULTADOS ESPERADOS E IMPACTO

Nos resultados presentes, foram analisados os materiais em dois tipos de corantes em fotocatalise e depois analisado no espectrofotômetro. Na figura 2, os resultados nos dizem que os materiais têm uma alta eficiência na descontaminação dos corantes.

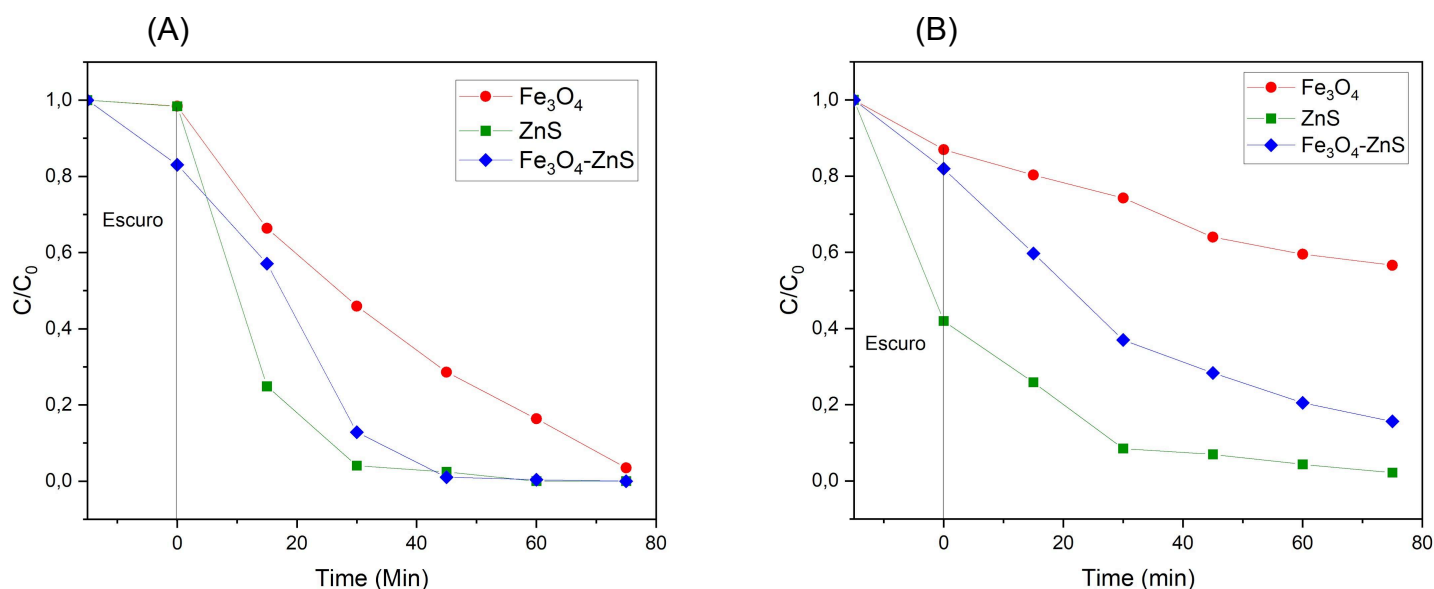


Figura 2: (A) Desempenho fotocatalítico em Azul De Metileno, (B) Desempenho fotocatalítico em Rodamina B

Para o corante Rodamina B, os materiais demonstraram certa dificuldade em realizar a descontaminação. Visto que o corante tem mais resistência em ser fotocatalisado por causa da sua estrutura molecular e estabilidade química em gerar radicais livres durante esse processo, porém com um maior tempo é possível contaminá-lo.

5. CONCLUSÕES

Os resultados demonstram que o material $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-ZnS}$ é uma solução consistente e eficaz para a descontaminação de efluentes industriais. Foi observado que, embora corantes de estrutura molecular mais complexa possam exigir um maior tempo de contato para sua completa remoção, o material demonstrou capacidade para tratá-los eficazmente. Somando com as outras aplicações que o material será utilizado após o uso na descontaminação de corante no efluente, a inovação se destaca por aliar o alto desempenho no tratamento a um baixo impacto ambiental, contendo aplicação, reutilização e reciclagem de todo o material.

Nossos objetivos principais agora são garantir financiamento para a produção em escala piloto, firmar parcerias industriais para validação em campo, otimizar a performance do material conforme o tipo de efluente e estruturar um plano de negócios robusto para a comercialização em massa.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9800: efluentes líquidos industriais: classificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

BOULKROUNE, R.; SEBAIS, M.; MESSAI, Y. Hydrothermal synthesis of strontium-doped ZnS nanoparticles: structural, electronic and photocatalytic investigations. **Bulletin of Materials Science**, Bangalore, v.42, p.223, 2019.

COLPINI, L. M. S.; ALVES, H. J.; SANTOS, O. A. A.; COSTA, C. M. M. Titânia comercial na descoloração fotocatalítica de corante proveniente da indústria têxtil. **Acta Scientiarum. Technology**, Maringá, v.28, n.1, p.1-4, 2006.

DIAS, F. F. S.; SILVA, P. B. V.; SANTOS, A. F. M. S.; ANDRADE, J. G. P.; ALBUQUERQUE, I. L. T. Tratamento de efluente têxtil através de processo oxidativo avançado (H₂O₂/TiO₂/UV). **Revista Geama**, Recife, v.4, n.3, p.4-9, 2018.

FANG, X.; ZHAI, T.; GAUTAM, U. K.; LI, L.; WU, L.; BANDO, Y.; GOLBERG, D. ZnS nanostructures: from synthesis to applications. **Progress in Materials Science**, Amsterdam, v.56, n.2, p.175-287, 2011.

JEZINI, V. S. **Síntese, caracterização e aplicação de filmes finos de ZnO e ZnS como fotocatalisadores na degradação do corante azul de metileno**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Amazonas.

MOURÃO, H. A. J. L.; MENDONÇA, V. R.; MALAGUTTI, A. R.; RIBEIRO, C. Nanoestruturas em fotocatalise: uma revisão sobre estratégias de síntese de fotocatalisadores em escala nanométrica. **Química Nova**, São Paulo, v.32, n.8, p.2181-2190, 2009.

NASCIMENTO, U. M. **Preparação, caracterização e testes catalíticos de um fotocatalisador magnético (Fe₃O₄/TiO₂) na degradação de um poluente-modelo: acid blue 9**. 2013. Tese (Doutorado em Química Analítica) - Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo.

OLIVEIRA, O. M.; BRASIL, M. D.; ANJOS, B. O. Estudo das propriedades do zinco e suas aplicações na construção civil. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS**, 22., Natal, 2016. **Anais...** Natal, 2016