

SÍNTESE, CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO FOTOCATALÍTICA DO CORE-SHELL Fe_3O_4 -ZNS POR MÉTODOS HIDROTERMAIS E DE COMBUSTÃO NA DEGRADAÇÃO DO CORANTE AZUL DE METILENO

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

Nos últimos anos, a fotocatalise tem se destacado como uma tecnologia promissora, utilizando a energia solar não apenas para gerar calor e controlar a temperatura, mas também para promover reações químicas que auxiliam na recuperação ambiental (DIAS et al., 2018). Nesse contexto, o presente projeto propõe a síntese de um material inovador que combina dois semicondutores: Fe_3O_4 e ZnS. Esses materiais são obtidos através de métodos de síntese avançados, como o método hidrotermal assistido por micro-ondas e o método de combustão, oferecendo alta eficiência na fotocatalise de poluentes orgânicos presentes em efluentes industriais.

O Fe_3O_4 (magnetita) é amplamente estudado devido ao seu comportamento magnético, facilidade de modificação e potencial de aplicação em sistemas de recuperação ambiental (NASCIMENTO, 2013). Já o ZnS, conhecido por suas propriedades ópticas e fotocatalíticas, possui uma elevada estabilidade química que o torna ideal para processos de purificação de água contaminada (BOUKROUNE et al., 2019; FANG et al., 2011). A combinação desses materiais permite a obtenção de um material versátil, capaz de atuar de maneira eficaz na degradação de compostos orgânicos complexos, como os corantes Rodamina B e Azul de Metileno, presentes em efluentes industriais. Que dentro dos vários setores industriais, a indústria têxtil é uma das maiores consumidoras de corantes (COLPINI et al., 2006).

O principal diferencial deste composto reside em sua capacidade de utilizar energia solar para acelerar a degradação de poluentes orgânicos em comparação com outras tecnologias fotocatalíticas. Além disso, os métodos de síntese empregados — hidrotermal assistido por micro-ondas e combustão — garantem uma maior uniformidade na distribuição dos semicondutores e promovem uma estrutura com alta área superficial, essencial para a eficiência do processo. Em comparação com soluções existentes no mercado, este material oferece uma maior facilidade de recuperação e reutilização devido às propriedades magnéticas do Fe_3O_4 , além de apresentar uma excelente estabilidade química e fotocatalítica graças ao ZnS (BOUKROUNE et al., 2019; NASCIMENTO, 2013). Dessa forma, o Fe_3O_4 -ZnS se torna uma alternativa econômica e sustentável para o tratamento de efluentes industriais, alinhando-se às demandas ambientais contemporâneas.

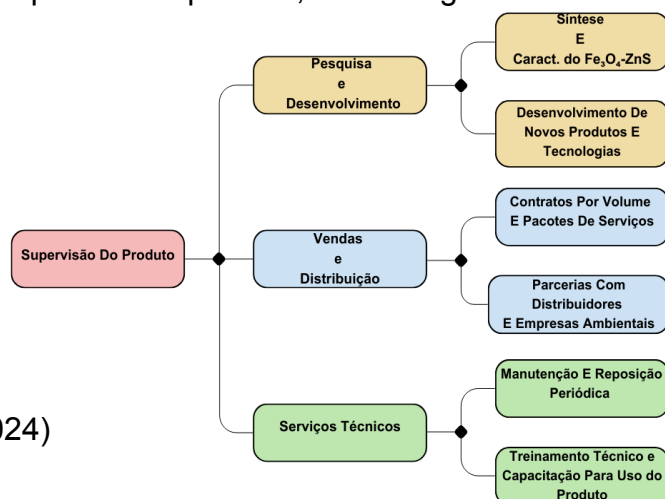
2. ANÁLISE DE MERCADO

Recentemente, a fotocatalise tem se destacado como um método altamente eficaz para promover a degradação de corantes (COLPINI et al., 2006). Um material de Fe_3O_4-ZnS com propriedades fotocatalíticas, tem como público-alvo principal indústrias que geram efluentes líquidos contaminados com compostos orgânicos, como as indústrias têxteis, químicas, de papel e celulose e de processamento de alimentos. Essas indústrias devem atender às regulamentações ambientais rigorosas sobre o descarte de efluentes, de acordo com a NBR 9800 (1987), que regulamenta o tratamento de resíduos líquidos industriais. Empresas que estão buscando soluções tecnológicas mais sustentáveis e eficientes para purificação de águas residuais se beneficiarão dessa inovação, assim como empresas de saneamento ambiental e laboratórios de pesquisa ambiental. Além disso, a crescente preocupação com práticas ambientais mais limpas aumenta a demanda por tecnologias como o Fe_3O_4-ZnS , que oferece alta eficiência na remoção de poluentes e potencial de reutilização de águas tratadas.

No mercado atual, tecnologias baseadas em Processos Oxidativos Avançados (POAs), incluindo fotocatalise, têm ganhado destaque por sua capacidade de degradar poluentes complexos (MOURÃO et al. 2009). Competidores diretos incluem empresas que desenvolvem soluções fotocatalíticas à base de TiO_2 , um dos materiais mais utilizados na fotocatalise devido ao seu desempenho estável. Porém, o nanocompósito Fe_3O_4-ZnS se diferencia pela sua facilidade de recuperação e reutilização, graças às propriedades magnéticas do Fe_3O_4 , o que reduz custos operacionais. Além disso, a combinação com ZnS oferece uma maior eficiência fotocatalítica em comparação a semicondutores tradicionais, com alta estabilidade química e melhor performance em diferentes condições de iluminação (BOUKROUNE et al., 2019; NASCIMENTO, 2013).

3. ESTRATÉGIA DE DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO

A inovação proposta é um modelo de negócios voltado para o fornecimento de soluções tecnológicas no tratamento de efluentes industriais. A geração de receita será por meio da comercialização do fotocatalisador de Fe_3O_4-ZnS , além de serviços de consultoria e suporte técnico. O modelo de preços poderá ser baseado em contratos por volume ou pacotes com manutenção e reposição periódica. O público-alvo prioritário inclui indústrias de grande porte, como as do setor têxtil e de papel e celulose, com a possibilidade de parcerias para testes e validação em campo. Para o produto, a abordagem inclui:



Fonte: Autor (2024)

O material ainda está em fase laboratorial, com a síntese e caracterização sendo realizadas em condições controladas. Foram obtidos resultados que demonstraram a viabilidade da combinação $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-ZnS}$ para fotocatalise, colocando o produto em nível 4 de TRL(Technology Readiness Level).

4. RESULTADOS ESPERADOS E IMPACTO

Nos resultados presentes até o momento da síntese, foram analisados os materiais separados e o core-shell no espectrofotômetro. Os resultados abaixo nos dizem que o corante foi degradado cerca de 95% na medida da concentração inicial sobre concentração das alíquotas (C/Co).

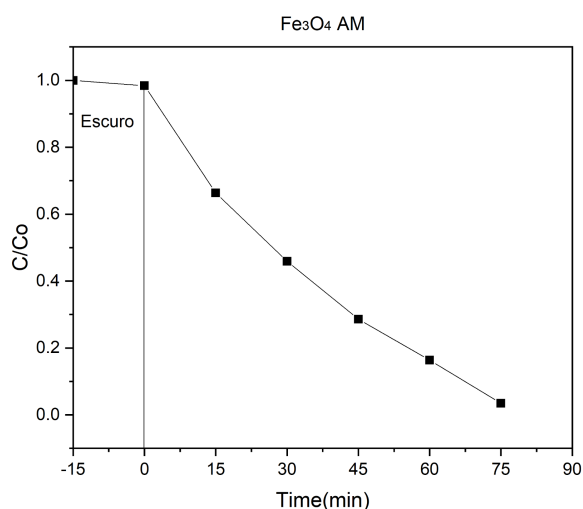


Figura 1: Fotocatalise do Fe_3O_4

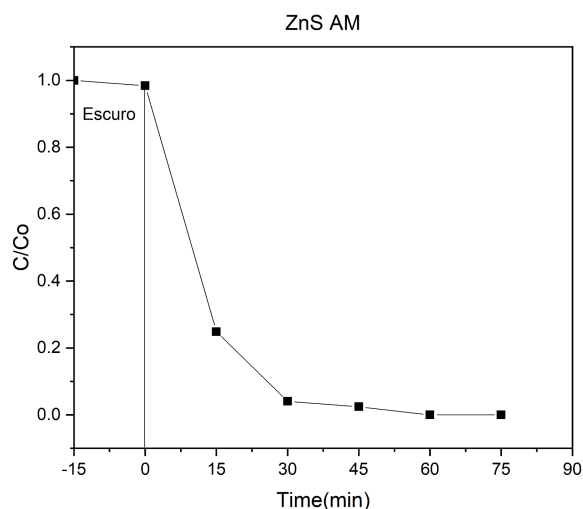


Figura 2: Fotocatalise do ZnS

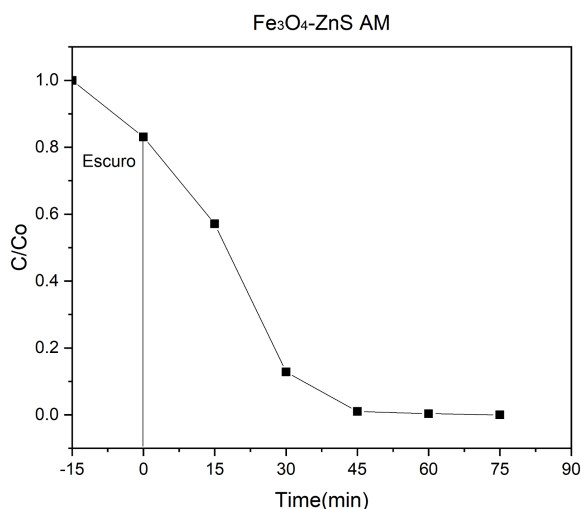


Figura 3: Fotocatalise do $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-ZnS}$

5. CONCLUSÕES

A inovação apresentada tem grande potencial para transformar o tratamento de efluentes industriais através de um processo mais eficiente e sustentável. A heterojunção de Fe_3O_4 e ZnS é promissora para fotocatalise, com capacidade de ser recuperada magneticamente, ampliando sua aplicabilidade e longevidade. O projeto ainda está em desenvolvimento, e quando atingirmos um estágio mais avançado, convidaremos empresas e investidores a se envolverem na fase de testes e implementação no mercado.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1987). ABNT NBR 9800: Efluentes líquidos industriais: classificação. Rio de Janeiro: ABNT.

BOULKROUNE, R.; SEBAIS, M.; MESSAI, Y. et al. Hydrothermal synthesis of strontium-doped ZnS nanoparticles: structural, electronic and photocatalytic investigations. 2019. Bull Mater Sci, v. 42, p. 223. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12034-019-1905-2>. Acesso em: 2024-08-18.

DIAS, F. F. da S.; SILVA, P. B. V.; SANTOS, A. F. de M. S.; ANDRADE, J. G. P.; ALBUQUERQUE, I. L. T. Tratamento de efluente têxtil através de processo oxidativo avançado ($\text{H}_2\text{O}_2/\text{TiO}_2/\text{UV}$). 2018. Revista Geama, v. 4, n. 3, p. 4–9. Disponível em: <https://www.journals.ufrpe.br/index.php/geama/article/view/2100>. Acesso em: 2024-08-18

FANG, X.; ZHAI, T.; GAUTAM, U. K.; LI, L.; WU, L.; BANDO, Y.; GOLBERG, D. ZnS nanostructures: From synthesis to applications. 2011. Progress in Materials Science, v. 56, n. 2, p. 175-287. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2010.10.001>. Acesso em: 2024-08-16.

MOURÃO, H. A. J. L.; MENDONÇA, V. R. de; MALAGUTTI, A. R.; RIBEIRO, C. Nanoestruturas em fotocatalise: uma revisão sobre estratégias de síntese de fotocatalisadores em escala nanométrica. 2009. Química Nova, v. 32, n. 8, p. 2181–2190. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000800032>. Acesso em: 2024-08-16.

NASCIMENTO, Ulisses Magalhães. Preparação, caracterização e testes catalíticos de um fotocatalisador magnético ($\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{TiO}_2$) 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, São Carlos, 2013. <https://doi.org/10.11606/T.75.2013.tde-23042013-112144> Acesso em: 2024-08-17.

SARAGIOTTO COLPINI, L. M.; ALVES, H. J.; ANDREO DOS SANTOS, O. A.; MAIERU MACEDO COSTA, C. Titânia comercial na descoloração fotocatalítica de corante proveniente da indústria têxtil. Acta Scientiarum. Technology, v. 28, n. 1, p. 1-4, 2006. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303226515007>. Acesso em: 2024-10-09.