

Aplicação Fotocatalítica do Pó de Rocha Basáltica na Degradação de Corantes

Maryane Pipino Beraldo de Almeida^{1*}, Lays da Silva Sá Gomes¹, Jacqueline Roberta Tamashiro¹, Alex Ramos da Silva¹, Lucas Henrique Pereira Silva¹, Fábio Friol Guedes de Paiva¹, Angela Mitie Otta Kinoshita¹

¹UNOESTE – Universidade do Oeste Paulista. *maryane_beraldo@hotmail.com

Resumo/Abstract

RESUMO – O pó de rocha basáltica (PdR), subproduto abundante da mineração, apresenta composição rica em óxidos metálicos e aluminossilicatos, com propriedades que favorecem sua aplicação como fotocatalisador. Este trabalho investigou o potencial fotocatalítico do PdR na degradação do corante azul de metileno em solução aquosa, via fotocatalise heterogênea sob radiação UV e luz solar. O material apresentou área superficial de 15 m²/g e energia de bandgap de 2,27 eV. As degradações alcançaram até 87% sob UV em 120 minutos e resultados similares sob luz solar após 6 horas. O estudo reforça a viabilidade do uso de resíduos minerais como alternativa sustentável no tratamento de efluentes.

Palavras-chave: pó de rocha basáltica, fotocatalise heterogênea, azul de metileno, radiação UV, tratamento de efluentes.

ABSTRACT – Basalt rock powder (PdR), an abundant mining by-product, is rich in metallic oxides and aluminosilicates, offering favorable properties for photocatalytic applications. This study evaluated the photocatalytic potential of PdR for the degradation of methylene blue dye in aqueous solution via heterogeneous photocatalysis under UV and solar radiation. The material exhibited a surface area of 15 m²/g and a bandgap energy of 2.27 eV. Degradation reached up to 87% under UV in 120 minutes and similar outcomes under solar exposure after 6 hours. The findings highlight the feasibility of mineral waste for sustainable wastewater treatment.

Keywords: basalt rock powder, heterogeneous photocatalysis, methylene blue, UV radiation, wastewater treatment.

Introdução

A crescente demanda por técnicas sustentáveis no tratamento de águas contaminadas impulsiona o estudo de materiais alternativos e de baixo custo com propriedades catalíticas. A fotocatalise heterogênea é um Processo Oxidativo Avançado (POA) que promove a degradação de compostos orgânicos por meio da geração de espécies oxidantes altamente reativas quando semicondutores são ativados por radiação luminosa (1,2). Os semicondutores tradicionais, como o TiO₂ e o ZnO, apresentam eficiência elevada, porém custos de produção e síntese limitam seu uso em larga escala (3,4).

O pó de rocha basáltica (PdR), resíduo gerado em grande volume pela indústria de mineração, é constituído majoritariamente por óxidos de silício, alumínio e ferro. A presença destes sugere potencial semicondutor, com energia de bandgap estimada em 2,27 eV, dentro do espectro de luz visível (5). Apesar de estudos prévios apontarem a eficiência de óxidos semicondutores comerciais, o reaproveitamento de resíduos como o PdR é uma alternativa ecologicamente vantajosa e economicamente viável, integrando conceitos de economia circular e mitigação de impactos ambientais (1,6-8).

Assim, este trabalho objetivou avaliar o desempenho do PdR na degradação do corante azul de metileno, um modelo de poluente orgânico, sob radiação UV e luz solar,

evidenciando o potencial do material como catalisador sustentável para o tratamento de efluentes.

Experimental

O PdR foi coletado de pedreira localizada em Maringá/PR. O material foi caracterizado por Microscopia Eletrônica de Varredura com Espectroscopia por Dispersão de Energia (MEV-EDS), Difração de Raios X (DRX) e espectroscopia fotoacústica para determinação da energia de bandgap. As análises confirmaram predominância de Si, O, Al e Fe, área superficial de 15 m²/g, e energia de gap óptico de 2,27 eV, sugerindo atividade sob luz visível. Para os ensaios fotocatalíticos, foi utilizado 0,5 g de PdR para 500 mL de solução de azul de metileno (concentração de 10 mg/L). Antes da exposição à radiação, as amostras permaneceram em contato com a solução por 16 horas para estabilização do equilíbrio de adsorção. Os experimentos de fotocatalise foram realizados em duas condições: radiação UV-C (lâmpada germicida de 18 W) por 120 minutos em reator fotocatalítico com agitação constante, e exposição direta à luz solar por 6 horas. Amostras da solução foram coletadas em intervalos regulares, centrifugadas e analisadas por espectrofotometria UV-Vis a 668 nm para quantificação da concentração remanescente do corante.

Resultados e Discussão

Os testes demonstraram elevada eficiência do PdR na degradação do azul de metileno, com remoção de até 87%

do corante após 120 minutos sob radiação UV-C, corroborando estudos prévios que destacam o potencial de resíduos minerais como catalisadores (9). O desempenho máximo foi observado aos 40 minutos, com estabilização nas concentrações após este tempo. Sob luz solar, a degradação atingiu níveis similares ao UV, porém após 6 horas de exposição contínua, destacando a viabilidade do uso de fontes naturais de luz sem custos energéticos adicionais.

A atividade fotocatalítica pode ser atribuída à composição do PdR rica em ferro e silicatos, que favorecem a geração de radicais hidroxila ($\bullet\text{OH}$) durante a excitação por radiação luminosa. A área superficial de $15 \text{ m}^2/\text{g}$ ampliou a interação entre o catalisador e as moléculas do corante, enquanto o bandgap de 2,27 eV permitiu o aproveitamento da radiação visível e UV.

Além disso, observou-se que o PdR não apenas promoveu a degradação fotocatalítica, mas também exerceu efeito de adsorção inicial do corante, otimizando a remoção total do poluente. Esses resultados indicam que o PdR, por ser um resíduo mineral de baixo custo e ampla disponibilidade, possui grande potencial para aplicação prática em sistemas sustentáveis de tratamento de águas contaminadas por compostos orgânicos.

Conclusões

O presente estudo evidenciou o elevado potencial do pó de rocha basáltica (PdR) como fotocatalisador eficiente na degradação do corante azul de metileno sob radiação UV e luz solar. O material, além de apresentar composição favorável à geração de espécies reativas, demonstrou significativa capacidade adsorvente, o que contribuiu para otimizar o processo de degradação. Os resultados obtidos reforçam a viabilidade do reaproveitamento de resíduos minerais como soluções ambientalmente sustentáveis para o tratamento de efluentes, alinhando-se aos princípios da economia circular e à mitigação de impactos ambientais.

Para futuros estudos, recomenda-se a avaliação do desempenho do PdR na remoção de outros poluentes orgânicos e inorgânicos presentes em efluentes reais, bem como a investigação de mecanismos reacionais envolvidos na fotocatalise promovida pelo material. Além disso, ensaios em escala piloto podem contribuir para validar a aplicação prática do PdR em processos industriais de tratamento de águas contaminadas.

Agradecimentos

Este estudo foi financiado em parte pelas bolsas do CNPq (174397/2023-2). A.K. agradece as bolsas do CNPq (306096/2023-4).

Referências

1. L. N. B. Almeida et al. Quarry residue: Treatment of industrial effluent containing dye. *Catalysts*. **2021**, 11(7).
2. K. M. Reza; A. Kurny; F. Gulshan. Parameters affecting the photocatalytic degradation of dyes using TiO_2 : a review. *Applied Water Science*. **2017**, 7(4), 1569–1578.
3. K. Wetchakun; N. Wetchakun; S. Sakulsermsuk. An overview of solar/visible light-driven heterogeneous photocatalysis for water purification: TiO_2 - and ZnO -based photocatalysts used in suspension photoreactors. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. **2019**, 71, 19–49.
4. L. S. Ribas; L. N. B. Almeida; G. G. Lenzi. Nb_2O_5 e subproduto mineral na descoloração fotocatalítica contendo corante. *Ciência e engenharia de materiais: conceitos, fundamentos e aplicação*. **2021**, 1, 328–337.
5. L. N. B. Almeida et al. The Adsorptive and Photocatalytic Performance of Granite and Basalt Waste in the Discoloration of Basic Dye. *Catalysts*. **2022**, 12(10), 1–12.
6. J. R. Tamashiro et al. Treatment of Sugarcane Vinasse Using Heterogeneous Photocatalysis with Zinc Oxide Nanoparticles. *Sustainability (Switzerland)*. **2022**, 14(23), 1–15.
7. L. N. B. Almeida et al. Rock Powder Applied in the Discoloration of Industry Dye of Molded Pulp Packages Effluent. *Colorants*. **2023**, 2(3), 487–499.
8. S. E. Braslavsky et al. Glossary of terms used in photocatalysis and radiation catalysis. *Pure and Applied Chemistry*. **2011**, 83, 931–1014.
9. I. Z. Babievskaya et al. Calculation of the mineral composition of basaltic rocks. *Inorganic Materials*. **2009**, 45(8), 916–918.