

## Síntese, Caracterização e Avaliação Fotocatalítica do $\text{BiVO}_4$ na Degradação do Fármaco Moxifloxacino em efluente real

Vitória Eduardo Mendes Vieira<sup>1\*</sup>, Glaucyane Pedreira de Sousa<sup>2</sup>, Geraldo Eduardo da Luz Júnior<sup>2</sup>

<sup>1</sup> PPGQ - Departamento de Química, Universidade Federal do Piauí – UFPI, Teresina, PI, Brasil, CEP 64049-550

<sup>2</sup> GrEEnTeC – Universidade Estadual do Piauí – UESPI, Teresina, PI, Brasil, CEP 64002-150

\*email: vitoriaeduardo@ufpi.edu.br

### Resumo / Abstract

**RESUMO** - Neste trabalho, realizou-se a síntese do semicondutor  $\text{BiVO}_4$  pelo método dos precursores poliméricos, ainda não descrito na literatura para esse material. O objetivo foi avaliar sua eficiência na degradação do fármaco moxifloxacino em efluente real e os testes fotocatalíticos mostraram 90% e 61% de degradação durante 120 minutos sob radiação policromática e radiação solar respectivamente, confirmando o potencial do  $\text{BiVO}_4$  como fotocatalisador eficaz.

**Palavras-chave:**  $\text{BiVO}_4$ , fotocatalise, moxifloxacino, semicondutor, degradação.

**ABSTRACT** - In this work, the semiconductor  $\text{BiVO}_4$  was synthesized using the polymer precursor method, a method not previously described for this material in the literature. The objective was to evaluate its efficiency in degrading the drug moxifloxacin in real effluent. Photocatalytic tests showed 90% and 61% degradation over 120 minutes under polychromatic radiation and solar radiation, respectively, confirming the potential of  $\text{BiVO}_4$  as an effective photocatalyst.

**Keywords:**  $\text{BiVO}_4$ , photocatalysis, moxifloxacin, semiconductor, degradation.

### Introdução

A crescente presença de resíduos farmacêuticos em ambientes aquáticos tem despertado interesse por técnicas eficientes de tratamento, como a fotocatalise heterogênea, que utiliza semicondutores (catalisadores), juntamente com radiação UV/solar para ativar esses materiais e iniciar as reações redox do poluente alvo<sup>1-3</sup>.

Entre os semicondutores utilizados, o Vanadato de Bismuto ( $\text{BiVO}_4$ ) tem se destacado por sua atividade sob luz visível<sup>4-6</sup>. Neste trabalho, o  $\text{BiVO}_4$  foi sintetizado por meio do método dos precursores poliméricos (PP), avaliado quanto estrutura, propriedades ópticas, morfologia e eficiência na degradação do fármaco moxifloxacino (MOX) em efluente real coletado do Rio Poti, localizado em Teresina-PI.

### Experimental

#### Síntese do $\text{BiVO}_4$ – Método dos Precursores Poliméricos

A síntese foi realizada em duas etapas principais. Inicialmente, preparou-se o citrato de vanádio usando ácido cítrico e metavanadato de amônio, com controle de pH e temperatura. Após evaporação e calcinação, o material foi reagido com nitrato de bismuto pentahidratado e etilenoglicol para formar uma resina, posteriormente calcinada a 500 °C. O pó resultante foi submetido a análises de DRX, MEV, UV-Vis e testes fotocatalíticos.

#### Caracterização e Testes Fotocatalíticos

Para os ensaios, 0,05 g de  $\text{BiVO}_4$  foram adicionados a 50 mL de solução de MOX ( $1 \times 10^{-5}$  mol/L)

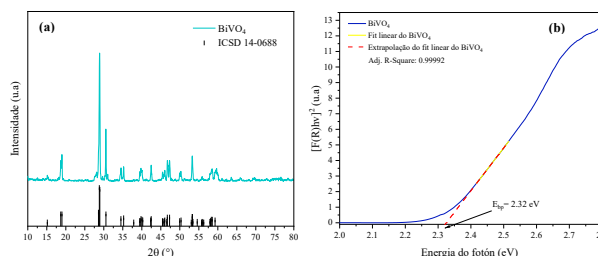
preparada com água do Rio Poti, localizado em Teresina-PI. A amostra da água foi coletada no período da manhã e filtrada para preparação da solução.

Após a etapa no escuro (30 min), as misturas foram submetidas por 120 minutos, à radiação policromática com lâmpada de potência 400 W e com distância de 30 cm do reator e à radiação solar natural. Em ambos os testes, o monitoramento da degradação foi realizado por espectroscopia UV-Vis.

### Resultados e Discussão

#### Caracterização Estrutural e Óptica

O difratograma de DRX (Fig. 1a) confirmou a formação da fase monoclinica, do tipo sheelita, para o  $\text{BiVO}_4$ , estrutura mais estável e associada a maior eficiência fotocatalítica<sup>7</sup>. A análise por UV-vis (Fig. 1b) revelou a absorção da região do visível, com plots por Kubelka-Mulk, indicando o valor de energia de banda proibida em 2,32 eV, consistente com a literatura<sup>8</sup>.



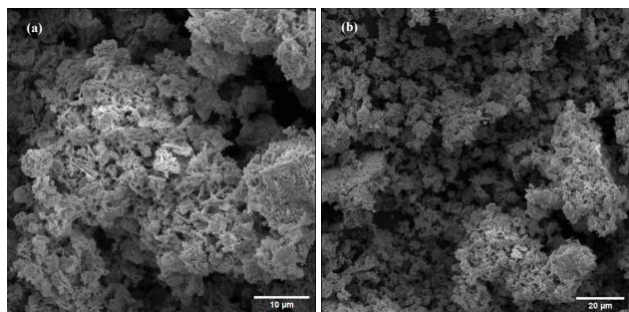
**Fig 1.** (a) Difração de raios-X, (b) Curvas de Kubelka-mulk obtidas por UV-vis para o  $\text{BiVO}_4$ .

### Caracterização Morfológica

As imagens de MEV (Fig. 2ab) demonstraram que o  $\text{BiVO}_4$  obtido a partir do método dos Precursores Poliméricos, apresenta uma morfologia com partículas agregadas de forma irregular.

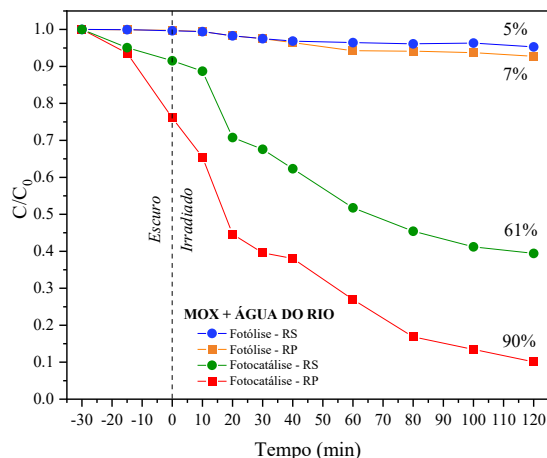
Segundo estudo<sup>9</sup>, o método dos precursores polimérico é benéfico para a obtenção de materiais com formas irregulares. Isso ocorre porque a taxa de aquecimento inicial em baixa temperatura induz um processo de decomposição de compostos orgânicos residuais em ácido cítrico e etilenoglicol.

Com isso, a formação das cavidades é promovida por meio dessa decomposição lenta, que reduzido pelo crescimento das partículas, origina grandes regiões agregadas com formas irregulares<sup>10</sup>.



**Fig. 2ab.** Imagens de Microscopia Eletrônica de Varredura do  $\text{BiVO}_4$ .

### Aplicação: Degradação do fármaco MOX em radiação policromática e solar natural



**Fig. 3.** Variação temporal da razão  $(C/C_0)$  nos processos de fotólise e fotocatalise para a degradação do fármaco MOX + água do Rio Poti sob radiação policromática (RP) e radiação solar (RS).

Os testes de fotocatalise mostraram a eficácia da degradação da MOX, que apresenta o comprimento máximo de absorção em torno de 290 nm, com os valores de 90% de degradação para o efluente real coletado do Rio Poti sob

radiação policromática e 61% de degradação sob radiação solar, em comparação aos 7% e 5% nos testes de fotólise para as respectivas fontes de luz. Com base nisso, é possível demonstrar a atuação eficiente do  $\text{BiVO}_4$  como catalisador, levando em consideração radiação simulada ou condições reais de análises.

### Conclusões

Os resultados demonstram que o método dos precursores poliméricos é eficaz na obtenção de  $\text{BiVO}_4$  com propriedades estrutural, óptica e morfológica favoráveis à fotocatalise. A eficiência na degradação da MOX evidencia o potencial do material para aplicação em remediação ambiental.

### Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq e UESPI pelo apoio financeiro, e à UFPI e UESPI pelo suporte técnico.

### Referências

1. A. R. Oliveira; A. Barbosa; C. Mendonça. *R. Soc. and Dev.* **2025**, *12*, 4.
2. P. Wang; T. Sun; M. Zhu, Y. Liang. *Environ Sci Pollut Res.* **2024**, *31*, 4808–4825.
3. J. Song; Y. Chen; F. Luan, *J. of Environ. Man.* **2024**, *330*, 117170.
4. Y. M. Hunge; A. Uchida; Y. Tominaga; Y. Fujii; A. A. Yadav; S. W. Kang; N. Suzuki; I. Shitanda; T. Kondo; M. Itagaki; M. Yuasa; S. Gosavi; A. Fujishima; C. Terashima. *Cat.* **2021**, *11*, 460.
5. T. Senasu; S. Youngme; K. Hemavibool; S. Nanan. *J. of S. State Chem.* **2021**, *297*, 122088;
6. S. Lotfi; E. M. Ouardi; H. A. Ahsaine. *Cat. Rev.* **2024**, *66*, 214–258.
7. S. Tekin, Y. Tutel; A. Karatay; H. E. Unalan. *Opt & L. Tec.* **2024**, *181*.
8. G. A. Santos, Tese de Doutorado, Repositório Institucional da Universidade Federal de Sergipe, 2023.
9. A. F. Gouveia; V. E. M. Vieira; J. C. Sczancoski; P. S. Lemos; S. K. Rout; N. S. Arul; E. Longo; L. S. Cavalcante. *J. of Inorg. and Org. Poly. and Mat.* **2020**, *30*, 8, 2952–2970.
10. V. E. M. Vieira, Tese de Mestrado, Universidade Federal do Piauí, 2022.