

Uso de poli(tereftalato de etileno) reciclado como suporte para TiO₂ e aplicação em fotocatalise heterogênea

Use of recycled poly(ethylene terephthalate) as support for TiO₂ and application in heterogeneous photocatalysis

Gabriel da Silva Wolff^{1*}, Jaqueline Suave¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Lages-SC, Brasil.

*Autor para correspondência: gwolff347@gmail.com

RESUMO

Este trabalho utilizou folhas de poli(tereftalato de etileno) (PET) como suporte para imobilização de partículas de TiO₂ P25 dispersas em etanol em meio ácido (pH = 4). Concentrações de 1, 5 e 7% (m/v) da dispersão foram pulverizadas por 5 vezes consecutivas no material polimérico, usando um aerógrafo de pintura e um processo de secagem a 40 °C entre cada pulverização. Estes materiais fotocatalíticos foram testados para a degradação do corante azul de metileno em solução aquosa (10 mg.L⁻¹) durante 300 minutos sob luz UV-A, apresentando porcentagens de degradação de 72,0; 62,1 e 80,6% para as suspensões de 1, 5 e 7% (m/v), respectivamente. No entanto, nos materiais contendo 5 e 7% de fotocatalisador ocorreu rápida lixiviação das partículas para a solução de corante. O PET/TiO₂ 1%, que foi avaliado como o melhor material produzido, foi testado por mais 3 ciclos sucessivos de degradação e continuou apresentando alta atividade fotocatalítica.

Palavras-chave: Imobilização. Fotocatalisador. Tratamento de efluentes.

ABSTRACT

This work used poly(ethylene terephthalate) (PET) sheets as a support for the immobilization of TiO₂ P25 particles dispersed in ethanol in an acid medium (pH = 4). Concentrations of 1, 5 and 7% (w/v) of the dispersion were pulverized 5 consecutive times on the polymeric material, using a painting airbrush and a drying process at 40 °C between each pulverization. These photocatalytic materials were tested for the degradation of methylene blue dye in aqueous solution (10 mg.L⁻¹) during 300 minutes under UV-A light, showing degradation percentages of 72.0; 62.1 and 80.6% for the 1, 5 and 7% (w/v) suspensions, respectively. However, in the materials containing 5 and 7%

Realização:



Apoio:



of photocatalyst, the particles rapidly leached into the dye solution. PET/TiO₂ 1%, which was evaluated as the best material produced, was tested for 3 more successive cycles of degradation and continued to show high photocatalytic activity.

Keywords: Immobilization. Photocatalyst. Wastewater treatment.

1 INTRODUÇÃO

Pela crescente contaminação dos recursos hídricos por ações humanas, diversas tecnologias de tratamento de água vêm sendo desenvolvidas para melhorar a qualidade de vida de todos. Em especial, a tecnologia de fotocatalise heterogênea, que faz parte dos processos oxidativos avançados, vem sendo estudada há anos para recuperação de efluentes contaminados (HENG *et al.*, 2021). Este processo, que tem como princípio a formação de radicais hidroxilas ($\cdot\text{OH}$) através da oxidação de moléculas de água adsorvidas em materiais semicondutores como o dióxido de titânio (TiO₂), consegue facilmente oxidar compostos orgânicos até a sua completa mineralização (HERRMANN, 2010).

Estratégias para fixar o fotocatalisador semiconductor de maneira fácil, eficiente e com a manutenção das suas propriedades fotocatalíticas é de elevada importância para viabilizar este processo em escala comercial e a utilização de suportes como os polímeros atrai a atenção por terem baixo custo e até mesmo por poderem ser obtidos através de reciclagem (SINGH *et al.*, 2013). O poli(tereftalato de etileno), conhecido como PET, é um material transparente e resistente à luz UV e uma alternativa altamente potencial para aplicação como suporte para as partículas de TiO₂.

Portanto, este trabalho tem como objetivos fixar partículas de TiO₂ P25 sobre a superfície de folhas de poli(tereftalato de etileno) por meio da pulverização de suspensões de dióxido de titânio em etanol em meio ácido, usando um aerógrafo de pintura, e avaliar a aplicação desses materiais no tratamento de água contaminada com o corante azul de metileno.

2 METODOLOGIA

2.1 Preparo das folhas de PET

Folhas de PET obtidas de garrafas foram cortadas em tamanhos de 2,5 x 4,8 cm e lixadas manualmente, lavadas com água deionizada para remover resíduos da superfície

Realização:



Apoio:



e secas em temperatura ambiente.

2.2 Imobilização do fotocatalisador

Para a imobilização das partículas de TiO₂ P25 (80% fase anatase e 20% fase rutilo com área superficial Brunauer-Emmett-Teller (BET) de 50 m².g⁻¹ e diâmetro médio de partícula de 20 nm produzido pela Evonik Industries) foram preparadas três suspensões de fotocatalisador a 1, 5 e 7% (m/v) em solvente etanol 98% da marca Dinâmica e com densidade de 0,79 g.mL³. A suspensão foi ajustada para pH 4,0 usando HCl 1 M para inibir a aglomeração através do distanciamento do valor de pH de ponto de carga zero das partículas de TiO₂ P25 (aproximadamente pH 6,0), tal como executado por Domingos *et al.* (2009) e Barros (2014). A imobilização foi feita com aerógrafo de pintura da marca Vonder com potência de 12 V, pressão máxima de 50 lbf.pol⁻² e diâmetro de bico de 0,4 mm. A suspensão foi pulverizada 5 vezes consecutivas sobre os dois lados da superfície das folhas de polímero lixado e cada pulverização foi submetida à secagem em estufa a 40 °C.

2.3 Ensaios fotocatalíticos

Nos testes de atividade fotocatalítica foram utilizadas 5 folhas de PET/TiO₂ fixadas na vertical em uma cuba de vidro contendo 100 mL de azul de metileno a 10 mg.L⁻¹ e sob irradiação de 2 lâmpadas Philips UV-A de 8 W durante 5 horas. O material que se destacou foi submetido a um teste de reciclabilidade para avaliar a manutenção da sua atividade fotocatalítica após alguns ciclos de degradação. Amostras da solução de azul de metileno foram coletadas ao longo do tempo e analisadas em espectrofotômetro UV-Vis BEL Photonics LGS 53 no comprimento de onda de 665 nm. Todos os ensaios foram feitos em triplicata. A análise estatística dos resultados (teste de Tukey) foi realizada através do programa Origin 2018. A porcentagem de degradação do azul de metileno (D%) foi calculada usando a Equação 1, onde A_0 e A_t representam a absorvância do corante nos tempos 0 e t , respectivamente.

$$D\% = \left(\frac{A_0 - A_t}{A_t} \right) \times 100 \quad \text{Eq. 1}$$

2.4 Ensaio de reciclabilidade

Antes de iniciar os testes de reciclabilidade, um pouco de água foi gotejada nos

Realização:



Apoio:

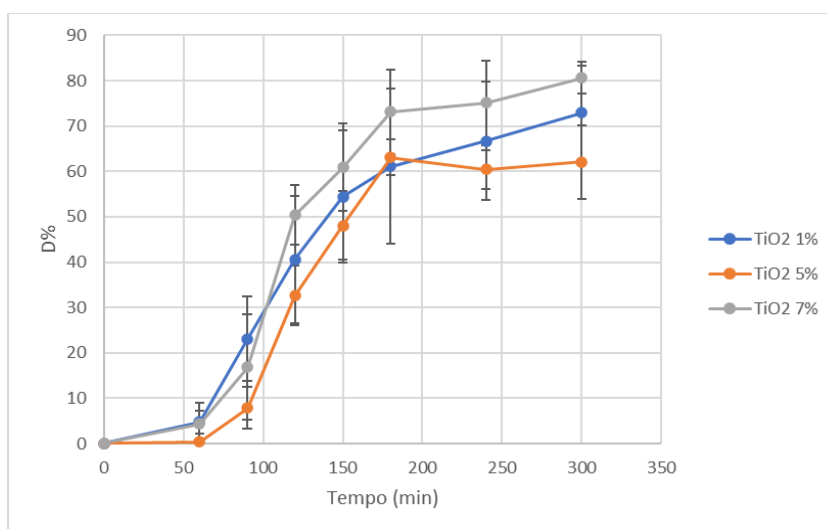


suportes para promover uma autolimpeza junto com a luz UV por 4 horas, removendo os resíduos de azul de metileno do processo anterior. Após o procedimento de autolimpeza o ensaio foi novamente conduzido assim como mencionado no tópico anterior.

3 RESULTADOS

A Figura 1 e a Tabela 1 apresentam os resultados da degradação fotocatalítica do azul de metileno em solução aquosa obtidos para as diferentes suspensões de partículas de TiO₂ immobilizadas na superfície de folhas de PET reciclado.

Figura 1- Degradação de azul de metileno por TiO₂ immobilizado em PET.



Fonte: Autoria própria.

Tabela 1- Porcentagem de degradação de azul de metileno após 300 minutos de ensaio.

PET/TiO ₂ (% m/v)	Degradação (D%)
1	72,0 ± 10,3
5	62,1 ± 8,2
7	80,6 ± 3,5

Fonte: Autoria própria.

Na Figura 2 e na Tabela 2 são apresentados os resultados de degradação de azul de metileno para os ensaios de reciclabilidade com o PET/TiO₂ 1%.

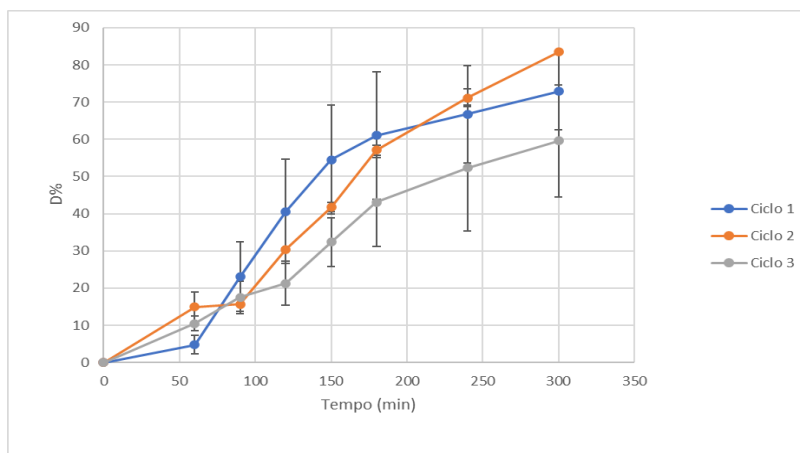
Realização:



Apoio:



Figura 2- PET/TiO₂ 1% sob 3 ciclos consecutivos de degradação de azul de metileno.



Fonte: Autoria própria.

Tabela 2- Porcentagem de degradação de azul de metileno durante os 3 ciclos consecutivos.

PET/TiO ₂ 1 (% m/v)	Degradação (D%)
Ciclo 1	72,0 ± 10,3
Ciclo 2	83,5 ± 0,3
Ciclo 3	59,6 ± 15,0

Fonte: Autoria própria.

4 DISCUSSÃO

A avaliação da degradação do corante azul de metileno após 300 minutos de ensaio, representada na Tabela 1, demonstra que todos os materiais produzidos apresentaram atividade fotocatalítica, com máxima degradação de 72,0, 62,1 e 80,6% para as suspensões de 1, 5 e 7 % de TiO₂ P25, respectivamente. No entanto, nos materiais contendo 5 e 7% de fotocatalisador ocorreu o desprendimento das partículas de TiO₂ para a solução, demonstrando uma limitação da carga de fotocatalisador que o PET pode receber por este método. Deste modo, parte da degradação do corante ocorreu pelas partículas não imobilizadas no PET. O material PET/TiO₂ 1% foi determinado como o melhor material por não ocorrer o desprendimento das partículas e pela alta atividade fotocatalítica apresentada, sendo então submetido a novos ciclos de degradação.

Nos ensaios de reciclabilidade (Figura 2), o material contendo 1% do fotocatalisador continuou mantendo sua atividade fotocatalítica, a qual se mostrou ainda melhor no final do segundo ciclo, conforme demonstrado na Tabela 2, chegando a

Realização:

Apoio:

remover 83,5% do corante. Contudo, os testes de Tukey aplicados para as porcentagens finais de degradação demonstram que os resultados não se diferem entre eles ($p = 0,05$).

5 CONCLUSÃO

O poli(tereftalato de etileno) se mostrou um material adequado para receber as partículas de TiO_2 , sem afetar as suas propriedades fotocatalíticas, pelo método de pulverização com aerógrafo. As suspensões com 5 e 7% de TiO_2 demonstraram que existe uma limitação para a carga de fotocatalisador que pode ser efetivamente imobilizada sobre o PET. Mas, a imobilização de TiO_2 a partir de uma suspensão com somente 1% de fotocatalisador é capaz de conferir alta atividade fotocatalítica na degradação da solução aquosa do corante azul de metileno, a qual ainda se mantém por 3 ciclos de degradação. Além disso, destaca-se que a utilização do etanol foi eficiente para a fixação adequada do material por sua rápida evaporação.

REFERÊNCIAS

- BARROS, A. L. **Estudo da degradação de fármacos em meio aquoso por processos oxidativos avançados**. 2014. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, 2014.
- DOMINGOS, R. F. *et al.* Aggregation on titanium dioxide nanoparticles: role of a fulvic acid. **Environmental Science & Technology**, v. 43, p. 1282-1286, 2009.
- HERRMANN, J. M. Photocatalysis fundamentals revisited to avoid several misconceptions. **Applied Catalysis B: Environmental**, v. 99, p. 461-468, 2010.
- HENG, Z. W. *et al.* An overview of the recent advances of carbon quantum dots/metal oxides in the applications of heterogeneous photocatalysis in photodegradation of pollutants towards visible light and solar energy exploitation. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 9, p. 105199, 2021.
- SING, S.; MAHALINGAM, H.; SINGH, P. K. Polymer-supported titanium dioxide photocatalyst for environmental remediation: A review. **Applied Catalysis A: General**, v. 462, p.178-195, 2013.

Realização:



Apoio:

