

Nb₂O₅ e subproduto mineral na descoloração fotocatalítica de corante

Nb₂O₅ and mineral by-product in dye photocatalytic discoloration

RESUMO

O tratamento de efluentes industriais que utilizam corantes durante seus processos é um assunto que exige muita atenção, pois se trata de recursos hídricos e que, caso descartados inadequadamente, podem causar futuros danos ambientais. O recurso utilizado para a realização deste trabalho, foi a aplicação de testes de Adsorção, Fotólise e Fotocatálise Heterogênea, tendo como objetivo descolorir a solução sintética de corante Basazol Yellow 46 L, em conjunto com os catalisadores de Nb₂O₅ e SM. O nióbio é um elemento que possui excelentes atributos que quando combinado com o resíduo de pedra denominados de subproduto mineral e aplicado ao teste de fotocatalise heterogênea apresenta um resultado notavelmente positivo para tratamento de poluentes industriais que utilizam corantes. Em conclusão, os testes de adsorção e fotólise não foram tão eficazes para a degradação do poluente analisado. A técnica fotocatalítica foi a que apontou resultados positivos, pois ao final da reação apresentou uma descoloração próxima a 90% com os catalisadores de Nb₂O₅ e com SM.

PALAVRAS-CHAVE: Coloração. Fotocatálise heterogênea. Nióbio. Solução sintética.

ABSTRACT

The treatment of industrial fluids that use dyes in their materials is an issue that requires attention, as they are water resources with a lot of responsibility for future environmental damage. The resource used to carry out this work was the application of Adsorption, Photolysis and Heterogeneous Photocatalysis tests, aiming to degrade the synthetic solution of Basazol Yellow 46 L dye, together with the Nb₂O₅ and SM catalysts. Niobium is an element that has excellent attributes that when combined with the quarry residue called mineral by-product and designed for heterogeneous photocatalysis test, presents a remarkably positive result for the treatment of industrial pollutants that use dyes. In conclusion, the adsorption and photolysis tests were not as effective for the degradation of the analyzed pollutant. The photocatalytic technique was the one that showed positive results, because at the end of the reaction, a discoloration close to 90% with Nb₂O₅ catalysts and SM was presented.

KEYWORDS: Coloration. Heterogeneous photocatalysis. Niobium. Synthetic solution.

Laura Santos Ribas

lauraribas@alunos.utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil.

Lariana Negrão Beraldo de Almeida

beraldolariana@gmail.com

Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná, Brasil.

Giane Gonçalves Lenzi

gianeg@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil.

Recebido: 19 ago. 2020.

Aprovado: 01 out. 2020.

Direito autorial: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



INTRODUÇÃO

O gerenciamento de resíduos é de fato um dos assuntos de maior preocupação das indústrias atuais. Embora com a ampliação do campo tecnológico especificamente para tratamento de resíduos químicos, várias indústrias têm interesse em processos de reaproveitamento de produtos visando custos e futuros impactos no meio ambiente. As indústrias que empregam corantes em seus meios de produção devem estar totalmente acordadas às normas legislativas de saneamento básico, para assim haver um retorno da água utilizada nos processos. Entretanto, muitos estudos estão sendo realizados a fim de reutilizar efluentes, utilizando modos de retificação dos mesmos para que possam ser descartados corretamente à natureza.

Atualmente há muitos processos convencionais para tratamento de fluídos industriais que geram cor. Como exemplo, “a combinação de coagulação/floculação/sedimentação com a filtração em carvão ativado” (BENDER *et al.*, 2019). Outra técnica que se pode citar é a aplicação de fotocatalise heterogênea, “o qual modo funciona à base de semicondutores que, quando fotoexcitados pela ação da radiação UV presente na luz, geram radicais hidroxila ($\bullet\text{OH}$) capazes de degradar e mineralizar os componentes orgânicos e inorgânicos presentes no meio, bem como eliminar microrganismos” (ARAÚJO, 2017).

A fotocatalise heterogênea aplicada na descoloração de efluentes contendo corante é um meio de tratamento que apresenta boas porcentagens de degradação fotocatalítica. De acordo com Copete-Pertuz *et al.* (2018), a aplicação de fotocatalise heterogênea com TiO_2/UV no processo de descoloração do corante azoico Negro Remazol B (RNB), apresentou resultados satisfatórios de degradação, o qual atingiu em 10 horas 98,44% de descoloração e 14 horas para uma descoloração total do RNB. A melhor porcentagem de 91,51% foi obtida com 10 horas de exposição à luz. Além disso, a partir dos testes de citotoxicidade na linha celular HepG2, provou que a degradação fotocatalítica do RNB não gerou subprodutos citotóxicos.

Os principais semicondutores utilizados como fotocatalisadores são o TiO_2 , ZnO , CdS e também se têm encontrado o Nb_2O_5 , muito embora, a utilização deste último seja mais recente que os demais, pois qual é um material de grande destaque nas indústrias de alta tecnologia. O Brasil é o maior produtor e exportador, dado que possui 90% das reservas de nióbio. A vasta variação de nióbio, que em união com outros óxidos tem resultados únicos, relatado na literatura como catalisadores de diversas reações químicas (ZIOLEK, 2003). Contudo “pode-se destacar, dentre elas, as reações que ocorrem devido à fotoexcitação de alguns compostos semicondutores de nióbio que, dispersos em soluções ou em misturas de gases, promovem reações simultâneas de oxidação e redução das espécies no meio. Tais reações podem levar à oxidação seletiva em processos como a foto-oxidação de compostos orgânicos e da água (*water splitting*) para a geração de hidrogênio molecular, ou à completa degradação de substratos orgânicos (poluentes) presentes no meio” (LINSEBIGLER *et al.*, 1995).

Há também materiais alternativos utilizados como catalisadores, como casca de arroz. A partir da pesquisa de Joao *et al.* (2020), que utilizou casca de arroz para propagação de microrganismos, onde operou como catalisador no tratamento de resíduos hídricos industriais, para extração de matéria orgânica e compostos de

nitrogênio. Por fim deste estudo, apontou que “a casca de arroz é uma fonte interessante e mais sustentável de carbono para o crescimento microbiano, com uso efetivo no tratamento de águas residuais” (JOAO *et al.*, 2020).

Para se constatar que um material apresenta atividade catalítica, outras reações devem ser realizadas, sendo elas a adsorção e a fotólise.

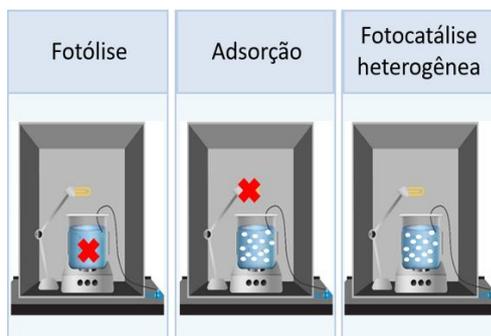
“A adsorção é uma operação de transferência de massa, uma vez que um constituinte (adsorvato/adsorbato) é transferido da fase fluida (gás, vapor ou líquido) para uma fase sólida (adsorvente). O adsorvente é o material sólido em cuja superfície, interna e/ou externa, ocorre o fenômeno de adsorção e o adsorbato a substância retida pelo adsorvente” (VACLAVIK, 2010).

Fotólise é uma decomposição química de moléculas orgânicas com a ausência de catalisador e presença da radiação de luz. Através deste teste, é possível analisar o grau de descoloração tanto da solução sintética contendo o corante quanto do efluente industrial somente pela incidência de radiação no meio lógico.

MATERIAL E MÉTODOS

Todos os testes foram realizados com nióbio Nb_2O_5 fornecido por CBMM (Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração) e subproduto mineral (SM) provindo de uma pedreira localizada na região dos Campos Gerais – Paraná. Os testes experimentais foram realizados em reator batelada (com sistema de resfriamento) de 600 mL de volume nominal contendo 500 mL da solução sintética de corante Basazol Yellow 46 L ($20 \mu L L^{-1}$). Uma lâmpada de vapor de mercúrio de 125 W foi acoplada logo acima do reator, o sistema ainda continha agitação magnética e fluxo de ar. Em tempos determinados amostras eram coletadas e a concentração de corante era analisada em espectrofotômetro UV-Vis Femto 800-XI. Os testes de adsorção foram realizados seguindo a metodologia descrita acima, sem a utilização da radiação. Os testes de fotólise foram efetuados acompanhando a mesma metodologia retratada, mas com a ausência de catalisador e presença do banho ultrassônico e a lâmpada de vapor de mercúrio com 125 W de potência.

Figura 1- Testes de Fotólise, Adsorção e Fotocatálise heterogênea.



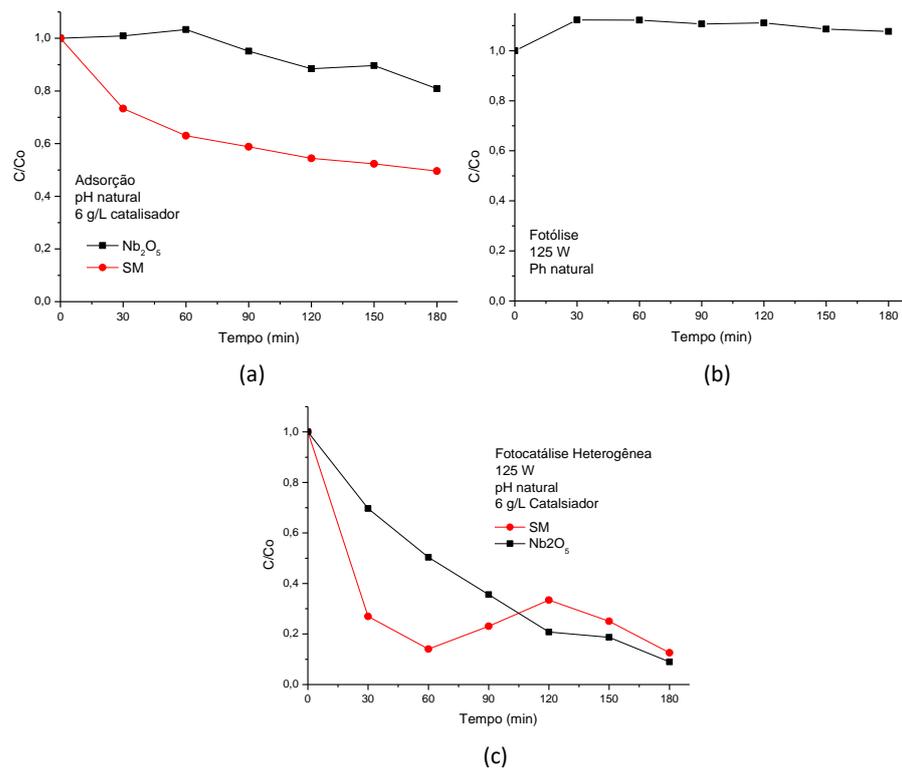
Fonte: Adaptado de Almeida *et al.* (2019)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições de pH e concentração de catalisador foram pré-definidas por testes anteriormente realizados. Sendo assim, o pH utilizado foi o natural da solução sintética ($\sim 4,2$) e a concentração de catalisador foi fixada em 6 g L^{-1} .

A Figuras apresentam os resultados obtidos com as reações de fotocatalise, adsorção e fotólise para os dois catalisadores estudados (Nb_2O_5 e SM) e solução sintética de corante Basazol Yellow 46 L.

Figura 2- Testes de Adsorção (a), Fotólise (b) e Fotocatalise Heterogênea (c).



Fonte: Próprio Autor (2020)

Em relação aos testes de adsorção (a), verifica-se que o subproduto mineral apresentou maior descoloração que o Nb_2O_5 , contudo, uma menor porcentagem quando comparado os testes fotocatalíticos. Quanto teste de fotólise (b) verifica-se que este não foi eficiente na descoloração da solução sintética.

Em relação aos testes fotocatalíticos (c), verifica-se que ambos os catalisadores apresentaram, ao final da reação, uma descoloração próxima a 90%. Entretanto, a fotoreação com o subproduto mineral, apresentou uma cinética mais rápida nos primeiros 60 minutos, seguido por uma instabilidade. Esta instabilidade pode estar relacionada à formação de subproduto que, embora não tenha sido identificada, sua presença pode alterar a coloração e dificultar a leitura no espectrofotômetro UV-Vis aqui utilizado. Quando se analisa todos os testes simultaneamente, verifica-se que a utilização de radiação e catalisador (fotocatalise heterogênea) é a mais favorável para a descoloração da solução contendo o corante Basazol Yellow 46 L.

Em análises relacionadas com pesquisas que foram aplicadas o nióbio (Nb_2O_5), apresentou uma degradação eficiente dos poluentes. Tais quais se pode citar a pesquisa de Khan *et al.*, (2020), onde elaboraram a preparação eletroquímica de fotoeletrodos de nanocanal Nb_2O_5 para desempenho fotoeletrocatalítico aprimorado na remoção de corante RR120 (KHAN *et al.*, 2020).

CONCLUSÃO

Com o presente trabalho, em virtude dos fatos mencionados, o Nb_2O_5 puro na adsorção, não foi eficaz para a descoloração da solução contendo o corante Basazol Yellow 46 L. O mesmo ocorre com o subproduto mineral (SM), tal qual contém características relativamente boas para adsorver poluentes, mas não resultou eficácia como no teste de fotocatalise. Os elementos acima mencionados, quando combinado com outros componentes, pode apresentar resultados mais promissores, e gerar amplos estudos sobre a utilização de Nb_2O_5 misturado com outros catalisadores. A aplicação do teste de fotólise, foi um meio inválido para a descoloração do corante analisado pois não houve alteração do mesmo. Pode se constatar que o teste de fotocatalise heterogênea, apresentou resultados superiores e efetivos para a descoloração do corante amarelo. O que torna uma alternativa viável para a reutilização de fluídos residuais das indústrias.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa, pelas análises laboratoriais e ao CNPQ e CAPES pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

ADSORÇÃO, processo em que moléculas são retidas na superfície de uma substância. Educa Mais Brasil. Disponível em: <https://www.educamaisbrasil.com.br/enem/quimica/adsorcao>. Acesso em: 04, agosto de 2020.

ALMEIDA, L. N. B. *et al.* **Caffeine degradation using ZnO and Ag/ZnO under UV and solar radiation**. Deswater: DESALINATION AND WATER TREATMENT. Maringá, p. 85-94. jun. 2019. Disponível em: https://www.deswater.com/DWT_abstracts/vol_153/153_2019_85.pdf. Acesso em: 02, setembro de 2020

ARAÚJO, J. S. **Fotocatálise Heterogênea de Nb_2O_5 aplicada ao tratamento do efluente da ETE-UFRN**. 2017. 49f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química), Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017. Disponível em: <https://monografias.ufrn.br/jspui/handle/123456789/4159>. Acesso em: 24, agosto de 2020.

BENDER, A. F.; SOUZA, J. B.; VIDAL, C. M. S. **Tecnologias avançadas de tratamento visando à remoção de cor e fenol de efluente de indústria de celulose e papel**. Ciênc. Florest., Santa Maria, v. 29, n. 2, p. 571-582, June 2019. Disponível em:

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-50982019000200571&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 26, Agosto de 2020.

CARDOSO, M. **Adsorção**. Infoescola. Disponível em: <https://www.infoescola.com/quimica/adsorcao/>. Acesso em: 04, agosto de 2020.

COPETE-PERTUZ, L. S. *et al.* **Decolorization of Reactive Black 5 Dye by Heterogeneous Photocatalysis with TiO₂ /UV**. Rev.Colomb.Quim., Bogotá , v. 47, n. 2, p. 36-44, Aug. 2018. Disponível em: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28042018000200036&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 26, Agosto de 2020.

JOAO, J. J. *et al.* **Cascas de arroz como fonte microbiana para tratamento de águas residuais**. Rev. bras. eng. Viola. ambiente. Campina Grande, v. 24, n. 5, pág. 343-347, maio de 2020. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662020000500343&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 26, agosto de 2020.

KHAN, S. U. *et al.* **Electrochemical preparation of Nb₂O₅ nanochannel photoelectrodes for enhanced photoelectrocatalytic performance in removal of RR120 dye**. Chemosphere, v. 257, maio 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653520313576>. Acesso em: 26, Agosto de 2020.

LINSEBIGLER, A. L.; LU, G.; YATES, J. T. **Photocatalysis on TiO₂ Surfaces: Principles, Mechanisms, and Selected Results**. Chemical Reviews, 1995. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1021/cr00035a013>. Acesso em: 24, agosto de 2020.

LOPES, O. F.; MENDONÇA, V. R.; SILVA, F. B. F.; PARIS, E. C.; RIBEIRO, C. **Óxidos de nióbio: uma visão sobre a síntese do Nb₂O₅ e sua aplicação em fotocatalise heterogênea**. Química Nova, 2014. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422015000100106&script=sci_abstract. Acesso em: 24, agosto de 2020.

MAGALHÃES, L. **Adsorção**. Toda Matéria, 2019. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/adsorcao/>. Acesso em: 04, agosto de 2020.

VACLAVIK, F. D. **Avaliação e otimização do uso de zeólitas no tratamento terciário de efluentes líquidos industriais**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Química Industrial) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/28611>. Acesso em: 24, agosto de 2020.

ZIOLEK, M. **Niobium-containing catalysts—the state of the art**. ScienceDirect, 2003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0920586102003401?via%3Dihub>. Acesso em: 24, agosto de 2020.