

MONTAGEM E VALIDAÇÃO DE ESTAÇÃO DE TRABALHO PARA ENSAIOS DE FOTORREDUÇÃO DE NITROGÊNIO

Rebeca Palma de Oliveira, Bruno Ramos
Departamento de Engenharia Química, Centro Universitário FEI
uniereboliveira@fei.edu.br e brunoramos@fei.edu.br

Resumo: Neste trabalho foi projetada uma estação experimental com o objetivo de estudar o fenômeno da fotocatalise na conversão de nitrogênio em compostos mais reativos, como a amônia. A partir de prototipagem 3D e arranjos de lâmpadas tubulares, foi possível analisar o efeito de catalisadores no nitrogênio para a transformação em amônia, havendo a reação no reator construído.

1. Introdução

No presente momento da nossa sociedade, onde houve muitas revoluções e atualizações energéticas, a busca por alternativas sustentáveis de combustíveis é cada vez mais urgente devido à crescente demanda e à necessidade de mitigar as mudanças climáticas. Com isso em mente, uma opção inovadora cogitada é a utilização da amônia para essa substituição. Contudo, a produção dela depende de hidrogênio derivado de gás natural, o que contribui para a emissão de 1,2% da emissão global de CO₂ [1]. Assim, um caminho mais sustentável para a obtenção desse NH₃ é por meio da fotocatalise, motivo principal da criação do presente trabalho, que revisa tecnologias para transformar nitrogênio em amônia de maneira limpa, contribuindo para a diminuição da dependência de combustíveis fósseis e o impacto ambiental.

A fotocatalise é um processo no qual os fótons de luz atuam como fonte de energia, interagindo com um catalisador que pode ser um complexo solúvel, no caso de uma fotocatalise homogênea; ou um composto sólido, para a fotocatalise heterogênea. Ao absorver a energia dos fótons, ocorre uma transição dos elétrons da banda de valência à banda de condução do catalisador, deixando uma lacuna de carga positiva na banda de valência. Os elétrons e as lacunas podem atuar em reações de oxirredução com espécies em contato [2]. A Figura 1 ilustra o processo de fotocatalise para a produção de amônia.

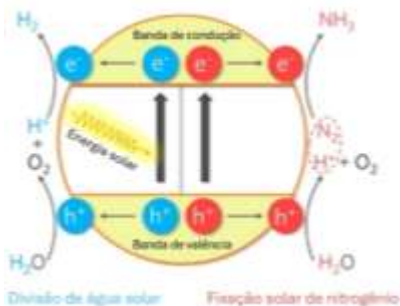


Figura 1 – Diagrama esquemático mostrando a redução fotocatalítica de N₂ em NH₃ com água como agente redutor. (Adaptado de [3])

2. Metodologia

2.1 Fabricação do reator. Inicialmente, foi desenhado o reator tubular em um software de CAD 3D (Fusion 360, Autodesk Inc.) para preparar uma peça para fabricação por impressão 3D. Os terminais de conexão (1), demonstrados na Figura 2, foram prototipados em ABS (acrilonitrila-butadieno-estireno) sem corante (ABS Premium, 3DFila LTDA) utilizando uma impressora 3D de deposição de filamento polimérico fundido (Creator Pro, FlashForge Inc.). Já o corpo central do reator (2) foi fabricado a partir de um tubo de PVC. A montagem envolve o uso de um tubo de quartzo interno (3) colocado concentricamente ao cilindro externo (2). Internamente ao tubo de quartzo é colocada uma lâmpada tubular.

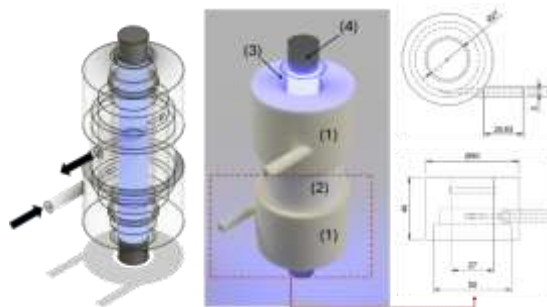


Figura 2 – Projeto conceitual do reator tubular.

Como evidenciado na Figura 2, as entradas de fluido são dispostas tangencialmente para prolongar o tempo de residência do fluido na área iluminada, conforme estudos prévios que visaram otimizar o processo [4]. Com o reator já montado, foram feitos testes de vazamento e ajuste da bomba usando corante azul de metileno diluído a 10 mg/L, para verificar a dispersão do fluido e identificar pontos de vazamento interno.

2.2 Teste de desempenho. Após esses testes, o sistema de reação foi montado, conforme ilustra a Figura 3. Nesse sistema, o reator fotoquímico preparado foi conectado a um Erlenmeyer (tanque de mistura) através de uma bomba peristáltica. No tanque de mistura são adicionados água deionizada (250 mL), 50 mg de um catalisador preparado em um projeto de IC paralelo a este (óxido de ferro hematita e magnetita), e um misturador magnético. Além disso, N₂ é bombeado continuamente a uma vazão de ~80 mL/min através de um tubo de teflon. A vazão é controlada por uma válvula de agulha. Nestes ensaios-teste, foi empregada uma lâmpada de vapor de mercúrio de baixa pressão com emissão na região do UVC (254 nm). A suspensão de catalisador foi mantida em circulação no reator, e amostras foram coletadas a cada 30 minutos para análise.

A amônia fotoproduzida foi quantificada usando espectroscopia UV-Vis, baseada na reação de Berthelot, que envolve a formação de um complexo de colocaração verde-azulada com pico de absorção na região de 680 nm.

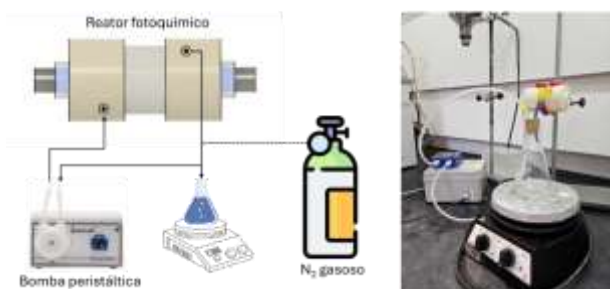


Figura 3 – Montagem completa do sistema de reação fotocatalítica de amônia.

3. Resultados

O ensaio fotocatalítico foi realizado com hematita em duplicata (H1 e H2) e com magnetita em uma única execução (M1). Mesmo havendo algumas interferências negativas, como vazamentos e mau-posicionamento de tubos, foi possível detectar a presença de NH_3 a partir do sinal observado no espectrofotômetro. Observou-se essa produção principalmente no ensaio com o catalisador H2. A Figura 4 traz os resultados observados.

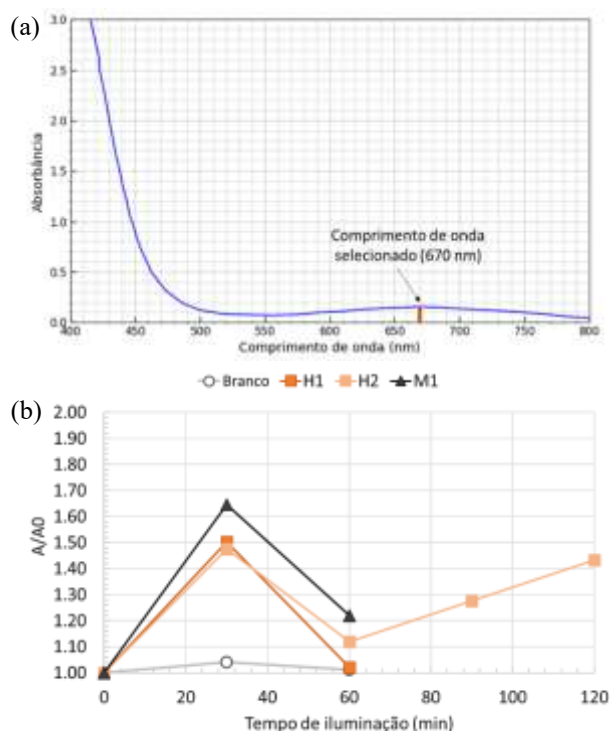


Figura 4 – Resultados dos testes de fotossíntese de amônia. (a) Perfil de absorbância de uma amostra do ensaio, e (b) perfil cinético da reação.

Nesta figura, é possível observar o perfil de absorção da amostra com o reagente de Berthelot (Fig. 4(a)), e o perfil cinético mostrando a produção de amônia ao longo do tempo de iluminação para os três materiais testados (Fig. 4(b)). Aqui, o eixo das ordenadas traz uma

concentração relativa de amônia, expressa como razão entre a absorção da amostra inicial (sem amônia), e as amostras obtidas a cada 30 minutos (com amônia). É possível observar que a amostra obtida com $t = 30$ minutos de irradiação apresenta um pico, sendo possivelmente um erro de amostragem. As amostras seguintes demonstram que há um aumento gradativo na concentração obtida, mostrando um resultado positivo e animador para próximas pesquisas e testes.

4. Conclusões

Avaliando a fase inicial do projeto, é possível observar que os estudos de microreatores com foco na fotocatalise de amônia podem ser produtivos e eficazes, havendo a necessidade da realização das pesquisas necessárias e apenas em pequena escala.

O estudo experimental revelou que o aumento do tempo de exposição da lâmpada à solução resulta em maior absorbância de amônia, indicando uma produção mais eficiente.

Para as ações futuras, será possível avaliar a eficiência da fotocatalise em luz solar e em tipos diferentes de catalisadores, além de diferentes configurações do sistema para melhor desempenho do reator.

5. Referências

- [1] ROUWENHORST, Kevin H. R. *et al.* Ammonia, 4. Green Ammonia Production. *In: WILEY-VCH VERLAG GMBH & CO. KGAA (org.). Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. 1. ed. [S. l.]: Wiley, 2020. p. 1–20.
- [2] RAMOS, Bruno. **Aplicações de Modelagem Molecular em Engenharia Química: Investigação do mecanismo de degradação do fenol em Processos Oxidativos Avançados**. 2009. 171 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009
- [3] YANG, Xiaogang; WANG, Dunwei. Photocatalysis: from fundamental principles to materials and applications. *ACS Applied Energy Materials*, v. 1, n. 12, p. 6657–6693, 24 dez. 2018
- [4] PERES, José Carlos G. *et al.* Study of an Annular Photoreactor with Tangential Inlet and Outlet: I. Fluid Dynamics. *Chemical Engineering & Technology*, [s. l.], v. 38, n. 2, p. 311–318, 2015.

Agradecimentos

Ao Centro Universitário FEI pela concessão da bolsa e pela oportunidade de desenvolvimento do projeto.

¹ Aluna de IC do Centro Universitário FEI. Projeto com vigência de 11/2023 a 10/2024.