

## Síntese, caracterização e aplicação catalítica de óxido de grafeno reduzido na desidrogenação do etilbenzeno a estireno

Rafael S. R. de Oliveira<sup>1\*</sup>, Johnatan O. Soares<sup>1</sup>, Eduardo Rigoti<sup>1</sup>, Sibebe B. C. Pergher<sup>1</sup>, Tiago P. Braga<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), LABPEMOL, Brasil, [rsavioro@gmail.com](mailto:rsavioro@gmail.com)\*, [rigoti.eduardo@gmail.com](mailto:rigoti.eduardo@gmail.com), [sibebe.pergher@ufrn.br](mailto:sibebe.pergher@ufrn.br), [tiago.braga@ufrn.br](mailto:tiago.braga@ufrn.br), [johnatan.oliveira.081@ufrn.edu.br](mailto:johnatan.oliveira.081@ufrn.edu.br)<sup>1</sup>.

### Resumo/Abstract (Helvética, tam. 12)

**RESUMO** - Considerando a necessidade de mitigar os impactos ambientais dos resíduos e otimizar reações catalíticas industriais estratégicas, este estudo avalia a atividade catalítica do óxido de grafeno reduzido (rGO) sintetizado a partir de resíduos na desidrogenação oxidativa do etilbenzeno a estireno na presença de CO<sub>2</sub>. Os resultados evidenciam uma conversão significativa, aproximadamente 60%. Apesar do desempenho promissor, são necessárias investigações adicionais para aprofundar a compreensão dos mecanismos envolvidos e otimizar as condições reacionais.

*Palavras-chave:* reações, atividade, resíduos, grafeno, conversão.

**ABSTRACT** - Considering the need to mitigate the environmental impact of waste and optimize strategic industrial catalytic reactions, this study evaluates the catalytic activity of reduced graphene oxide (rGO) synthesized from waste in the oxidative dehydrogenation of ethylbenzene to styrene in the presence of CO<sub>2</sub>. The results show significant conversion, approximately 60%. Despite the promising performance, further investigations are required to deepen the understanding of the underlying mechanisms and optimize reaction conditions.

*Keywords:* reactions, activity, waste, graphene, conversion.

### Introdução

A crescente geração de resíduos orgânicos e industriais impõe desafios ambientais significativos, incentivando o desenvolvimento de soluções sustentáveis. A conversão desses resíduos em materiais funcionais, como catalisadores à base de carbono, surge como uma estratégia promissora, aproveitando sua composição rica em carbono. Essa abordagem contribui para a mitigação de impactos ambientais e promove a economia circular, ao transformar passivos em recursos úteis para aplicações tecnológicas e industriais. [1,2]

O óxido de grafeno reduzido (rGO) destaca-se entre os materiais de carbono por sua alta condutividade elétrica, grande área superficial e abundância de defeitos ativos. É amplamente estudado como catalisador ou suporte em diversas reações. Sua obtenção a partir de resíduos renováveis representa um avanço na produção de materiais de alto desempenho e baixo custo. [3,4]

A síntese de rGO a partir de resíduos oferece uma abordagem sustentável e econômica, com potencial para atender às demandas por materiais avançados. Além disso, permite ajustar suas propriedades por meio do controle das condições de síntese, resultando em catalisadores mais eficientes e seletivos. Essa estratégia se destaca como uma alternativa promissora para aplicações nos setores de energia, meio ambiente e química fina. [5,6]

Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo sintetizar óxido de grafeno reduzido a partir de resíduo de

queima de lixo e avaliar sua aplicabilidade na reação de desidrogenação oxidativa do etilbenzeno a estireno.

### Experimental

*Metodologia de síntese do rGO a partir de resíduos.*

Para a síntese do óxido de grafeno reduzido utilizando resíduo da queima de lixo, são utilizados de uma proporção de 2:1 de resíduo para FeCl<sub>3</sub> com a adição de água na mistura. A pasta ou solução resultante é colocada sob aquecimento (80°C) e agitação magnética por 5 h, após esse tempo o material seco é então macerado e calcinado em um forno tubular sob atmosfera redutora (N<sub>2</sub>) a 750 °C por 6 h. Após a etapa de calcinação no forno tubular o material é então lavado adicionado em um béquer com uma solução de HCl PA e deixado sob agitação magnética por 5 h, após o tempo o material é filtrado e lavado com uma solução de NaOH 0,01M, por fim, o material é seco em estufa a 60 °C e caracterizado.

*Caracterização e teste catalítico.*

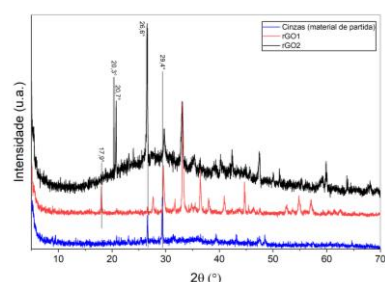
Por se tratar de um trabalho recente, as caracterizações dos materiais de carbono realizadas até o momento foram a difração de raios X (DRX), microscopia eletrônica de varredura (MEV).

Os catalisadores foram avaliados na reação de desidrogenação do Etilbenzeno(EB) a estireno a 450°C, sob pressão atmosférica sob fluxo contínuo com saturador de vapor, empregando-se 60 mg de amostra e razão CO<sub>2</sub>/EB de 50. Após o pré-tratamento térmico (sob fluxo de nitrogênio, 30ml.min<sup>-1</sup>, à 300°C), a mistura reacional, composta de CO<sub>2</sub>

e etilbenzeno, foi introduzida na linha reacional. A conversão catalítica de etilbenzeno foi acompanhada por cromatografia gasosa dotada de detector de ionização de chama e coluna capilar levemente polar.

## Resultados e Discussão

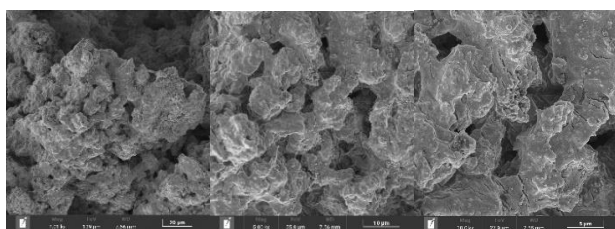
A Figura 1 apresenta o difratograma de raios X dos óxidos de grafenos reduzidos (rGO1 e rGO2) e do material de partida utilizados neste trabalho.



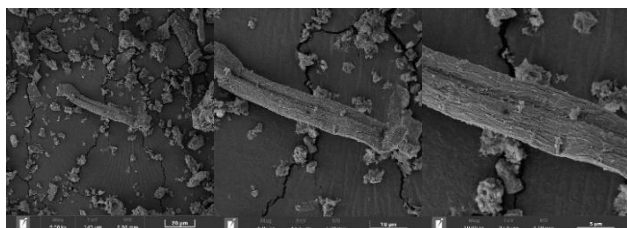
**Figura 1:** Difratograma dos óxidos de grafenos reduzidos utilizados na reação e material de partida.

Os difratogramas indicam a formação da fase rGO, mas apresentando mudanças nos picos de 29,4° e 26,6° condizentes com o processo de redução, além do surgimento de outros picos [7]. Essas modificações indica que houve uma redução da distância entre as camadas em razão da remoção dos grupos oxigenados na estrutura [7].

As imagens de microscopia do rGO1 (Figura 2) revelam uma morfologia com aglomerados de partículas, estrutura porosa e pouco lamelar. Já o rGO2 (Figura 3) apresenta morfologia menos organizada, com partículas heterogêneas. Essas diferenças estruturais podem influenciar na conversão do etilbenzeno em estireno.

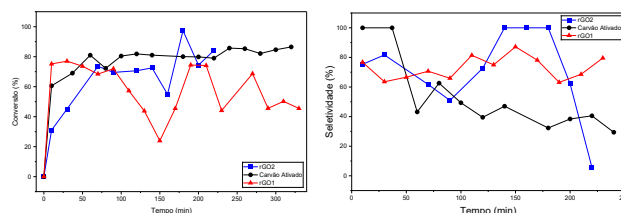


**Figura 2:** Imagens microscópicas do óxido de grafeno reduzido rGO1.



**Figura 3:** Imagens microscópicas do óxido de grafeno reduzido rGO2.

Os resultados indicam que o rGO obtido a partir de resíduos apresenta boa estrutura cristalina. Nos testes catalíticos, o material demonstrou conversão semelhante à do carvão ativado comercial — catalisador clássico à base de carbono —, com leve redução na conversão (Figura 4), porém com seletividade superior para a formação de estireno.



**Figura 4:** Gráfico de conversão e seletividade do etilbenzeno a estireno

## Conclusões

Este trabalho demonstra a viabilidade de utilizar resíduos da queima de lixo para a síntese de materiais de alto valor agregado e relevância industrial. Graças à sua estrutura química, esses materiais podem ser aplicados na produção de estireno via desidrogenação do etilbenzeno, apresentando alta seletividade e conversão comparáveis ao carvão ativado, amplamente utilizado nessa reação.

## Agradecimentos



## Referências

- Zhao, X., Liu, Y., Wang, H., & Zhang, Y. (2020). Renewable and Sustainable Energy Reviews, 124, 109744.
- Zhang, J., Liu, S., & Wu, Y. (2021). Green Chemistry, 23(6), 2325-2353.
- Chen, L., Yang, X., Yang, Y., & Li, C. (2019). ACS Sustainable Chemistry & Engineering, 7(6), 5623–5631.
- Kumar, A., Dubey, K. A., & Singh, R. K. (2021). Journal of Environmental Chemical Engineering, 9(5), 105973.
- Gupta, S., Sharma, A., & Bhardwaj, N. (2022). Materials Today Sustainability, 17, 100105.
- Wang, Z., Li, H., & Zhang, Y. (2023). Journal of Materials Chemistry A, 11(5), 2134-2152.
- A. T. Habte; D. W. Ayele, Adv. Mater. Sci. Eng. 2019, 2019, 5058163. DOI: 10.1155/2019/5058163.