

# **Apoio no processamento de cargas de agro-resíduos com micro-ondas, para a síntese de óxido de grafeno reduzido**

**Isadora de Almeida Cardoso, Sumair, Gouveia de Araújo e Liliane Landini  
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN**

## **INTRODUÇÃO**

A purificação de águas residuais, normalmente contaminadas com poluentes orgânicos e inorgânicos, como metais tóxicos, corantes, entre outros, tem estimulado o desenvolvimento de novas tecnologias, com o objetivo de remover estes poluentes encontrados em resíduos líquidos.

Os materiais de grafeno ganharam destaque nos últimos anos, devido à suas excepcionais propriedades eletrônicas, térmicas e mecânicas. O óxido de grafeno (OG) e o óxido de grafeno reduzido (OGr) normalmente são sintetizados a partir de grafite, mas os agro-resíduos (biomassa) também tem sido usados como materiais alternativos, em virtude da grande quantidade de carbono, pelo método de produção a partir de grafite ser complexa, de alto custo e envolver tratamento com produtos químicos prejudiciais ao meio ambiente e à saúde humana. O OGr, em particular, tem várias aplicações, como em filtros de membrana para purificação de água. Ele é comumente derivado da redução do OG, que é formado quando o grafite é oxidado (geralmente empregado método Hummers e suas modificações).

Conseqüentemente, têm sido explorados métodos ecologicamente mais corretos, a fim de minimizar todos estes impactos. Sendo assim, as micro-ondas (MO) têm sido aplicadas como recurso tecnológico, para reduzir óxido de grafeno. Além disso, os agro-resíduos representam um grande desafio quanto à sua valorização, destinação segura e uso potencial como energia ambientalmente sustentável. Em literatura, são citados o processamento de

óxido de grafite (com baixo custo), esfoliado por micro-ondas, para produção de grafeno de alta qualidade e altamente eficiente, além de avanços na produção assistida por micro-ondas de óxido de grafeno reduzido [1-6].

## **OBJETIVO**

O objetivo geral foi apoiar o processamento de agro-resíduos com micro-ondas, para a síntese de OGr e aplicação posterior em purificação de água.

## **METODOLOGIA**

Neste trabalho, foi empregado bagaço de cana-de-açúcar (coletado na feira local/USP), como agro-resíduo e reagente à base de ferro. O bagaço foi seco ao sol, triturado em forma de pós e separado em diversas granulometrias (30mesh-400mesh).

Os experimentos foram realizados em um forno mufla e na unidade reacional de batelada, com micro-ondas, instalada no IPEN [7], que permite monitoração online de variáveis do processo, como temperatura (°C), pressão (bar), potência de micro-ondas (W), entre outras informações, que ficam disponíveis em telas dedicadas, com históricos das principais ocorrências e gráficos de tendências. O forno mufla foi usado como método comparativo de literatura e da unidade reacional de batelada. Nele, as amostras foram colocadas em cadinhos cerâmicos e os testes foram feitos em pressão atmosférica ou gás N<sub>2</sub> (2 bar), com programação de temperatura de 300°C e tempos de reação de 10min. e 20min. Em ambos equipamentos, os testes foram feitos com

proporções em massa de agro-resíduos e reagente de 5:1. Na unidade reacional de batelada, os testes foram realizados com amostras sob agitação, micro-ondas de 2,45GHz de frequência e potência máxima de 2kW, temperatura até 500°C e tempo de reação até 20min.

As amostras iniciais e os produtos obtidos foram coletados em temperatura ambiente e enviados para análise, por Difração de Raios-X (DRX) e Fluorescência de Raios-X (FRX).

## RESULTADOS

Na Figura 1, podem ser vistas algumas amostras de cana-de-açúcar, após a trituração e classificação granulométrica.



Figura 1 - Amostras de bagaço de cana-de-açúcar trituradas.

Na figura 2, podem ser vistas imagem de amostra final e tela de operação de um teste, com curva de temperatura da amostra indicando máximo de 500°C.

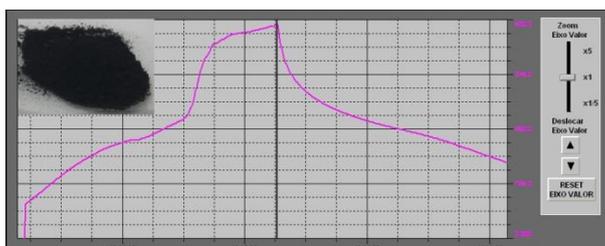


Figura 2 – Vistas da amostra final e tela de operação de temperatura.

Os testes realizados no forno mufla e na unidade reacional de batelada foram bastante reprodutivos. Os resultados de FRX de amostras iniciais indicaram a

presença de grande quantidade de material orgânico (CHNO), 97,5% e pequena quantidade de matéria inorgânica. Isto contribuiu para a observação de baixa percentagem de contaminantes nas amostras finais. As curvas de DRX indicaram a presença de picos de  $2\theta$  em torno de  $26,5^\circ$ , demonstrando a formação de OGr, em diversas amostras.

## CONCLUSÕES

Neste período, foram realizados vários testes, sendo obtido OGr, mas os resultados ainda devem ser melhor investigados, por meio de outros tipos de caracterizações.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- [1] WANG, Z.; WU, A.; CIACCHI, L.C.; WEI, G. *Nanomaterials*, vol.8,p. 65, 2018.
- [2] RAMLI, R.; HIDAYAT, R.; IKRAM, M.; MAQSOOD; A. BASHIR, A. *Graphene*, IntechOpen, 2022.
- [3] ZHU, Y.; MURALI, S.; CAI, W.; LI, X.; SUK, J. W.; POTTS, J. R.; RUOFF. R. S. *Adv. Mat.*, 22(35), 3906-3924, 2010.
- [4] FODAH, E.M.; GHOSAL, M.K.; BEHERA, D. *Int. J. of Environmental Science and Technology* 19, p.2195–2220, 2022.
- [5] ZOU, X.; HAO, J.; QIANG, Y.; XIANG, B.; LIANG, X.; SHEN, H. *Journal of Colloid and Interface Science*, V. 565, p. 288-294, 2020.
- [6] XIE, X.; ZHOU, Y.; HUANG, K. *Front. Chem.*, 7, article 355, 2019.
- [7] MOREIRA, E.M.; CARDOSO, M.J.B.; ARAUJO, S.G.; TAKAHASHI, J.; ALENCAR, M.S. *US Patent* 2008/0264934 A1.

## APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Este trabalho foi apoiado pelo IPEN e CNPq.