

## PRODUÇÃO DE ESPUMA VÍTREA COM PROPRIEDADE MAGNÉTICA PARA APLICAÇÃO AMBIENTAL

GABRIEL ALMEIDA DOS SANTOS<sup>1</sup>; EDUARDA MEDRAN RANGEL<sup>2</sup>; ADRIZE MEDRAN RANGEL<sup>3</sup>; AUGUSTO SANTOS DO NASCIMENTO<sup>4</sup>; FERNANDO MACHADO MACHADO<sup>5</sup>; RUBENS CAMARATTA<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – gabriel28868@gmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – eduardamrangel@gmail.com

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas – adrizemr@gmail.com

<sup>4</sup>Universidade Federal de Pelotas – gutosdn@hotmail.com

<sup>5</sup>Universidade Federal de Pelotas – fernando.machado.machado@hotmail.com

<sup>6</sup>Universidade Federal de Pelotas – rcamaratta@ufpel.edu.br

### 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, podemos afirmar que a geração e o destino dos resíduos representam um desafio "global", ou seja, uma questão que transcende fronteiras nacionais, não faz distinção com base no nível de desenvolvimento socioeconômico ou nas diferenças culturais, afetando todos, sem exceção, ao redor do mundo (CAO et al., 2023). Para ser preciso, no Brasil, estamos falando de um volume de 81,8 milhões de toneladas, o que corresponde a 224 mil toneladas diárias, sendo que em 2022 cada brasileiro produziu, em média, 1,043 kg de resíduos por dia (ABRELPE, 2022). A principal preocupação em relação à produção de resíduos concentra-se nos potenciais implicações, como eles podem afetar a saúde humana, a qualidade do meio ambiente, abrangendo solo, água, ar e paisagens.

Dentre os resíduos sólidos podemos citar as lâmpadas fluorescentes, que são amplamente adotadas devido à sua durabilidade e à eficiência econômica que oferecem, porém são categorizadas como resíduos perigosos devido à presença de mercúrio em sua composição (LI et al., 2023). O mercúrio é um metal pesado altamente tóxico que pode causar graves contaminações ambientais e intoxicações em seres humanos, resultando em sérios problemas de saúde tanto física quanto neurológica (KUMARI et al., 2020)

Uma das possíveis reutilizações do vidro de lâmpadas fluorescentes é na fabricação de espumas vítreas (EVs) (RANGEL et al., 2017; RANGEL et al., 2018). Essa alternativa se revela altamente atraente para a reciclagem de vidro, envolvendo a adição de um agente espumante (AE) ao vidro triturado e a sua exposição a altas temperaturas, que ultrapassam o ponto de sinterização do material, obtendo um material altamente poroso e de baixa densidade (RINCÓN, 2017).

Além dos fins de isolamento térmico, acústico e resistência ao fogo, as EVs, devido a sua alta porosidade e consequentemente alta área superficial, podem ser utilizadas como suporte de semicondutores para fins fotocatalíticos na remoção de contaminantes em águas e efluentes (RANGEL; CARVALHO; ARSAND, 2018; RANGEL et al., 2022).

Visando o reaproveitamento de resíduos sólidos para produzir materiais com finalidades ambientais, este estudo tem como objetivo a produção de espumas a partir de resíduos sólidos com propriedades magnéticas para posterior aplicação ambiental.

## 2. METODOLOGIA

A figura 1 apresenta o fluxograma das etapas de produção e caracterização das espumas vítreas com propriedade magnética

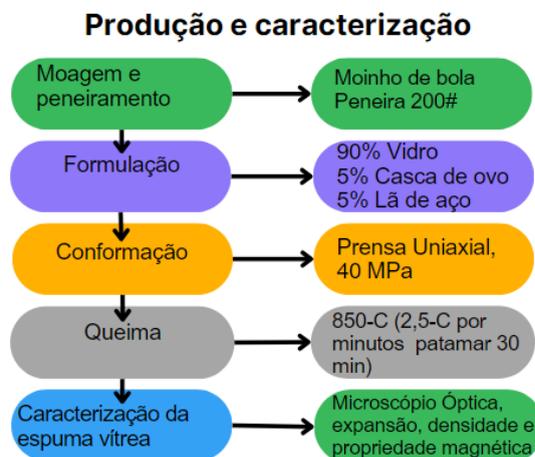


Figura 1: Fluxograma das etapas de produção e caracterização  
Fonte: Autores

Os resíduos de vidro de lâmpadas fluorescentes (antecipadamente descontaminadas) utilizados para a produção EVs foram obtidos da empresa Recilux. Como agente espumante, utilizar cascas de ovo sem membrana interna, armazenadas em recipientes de vidro protegidos do calor e da umidade.

O vidro foi moído em moinho de bolas e posteriormente peneirado em peneira de malha #200. Da mesma forma, as cascas dos ovos foram moídas em moinho de bolas e peneiradas em peneira de malha #200. As EVs foram formuladas com 5% em peso de agente espumante, 5% da lã de aço (resíduo de lã de aço queimado). Posteriormente, essas massas foram moldadas por meio de uma prensa uniaxial aplicando uma pressão de 40 MPa, usando uma matriz de aço com diâmetro de 1 cm.

Após a conformação, as peças foram queimadas na temperatura de 850 °C com taxa de aquecimento de 2,5 °C min<sup>-1</sup> e tempo de patamar de 30 min (RANGEL et al., 2018).

Com o material pronto foram calculadas sua expansão, densidade, feitas imagens em um microscópio óptico e por fim a avaliação da sua propriedade magnética através de um ímã.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através das imagens obtidas via MO apresentadas na figura 2a, foi possível observar a morfologia porosa das EVs produzidas. Essas apresentam poros homogêneos e uniformes. A figura 2b apresenta como as espumas ficaram prontas.

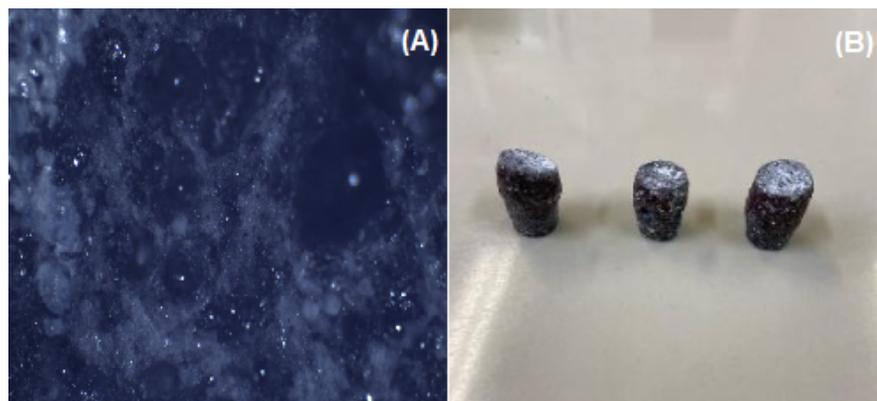


Figura 2: (A) imagem obtida no MO (B) imagem do produto final  
Fonte: Autores.

Os resultados apresentaram espumas vítreas com uma expansão volumétrica de 291% e uma densidade de  $0,39 \text{ g/cm}^3$ , respectivamente. A significativa expansão combinada com a baixa densidade das peças sugere a produção bem sucedida de espumas vítreas com uma elevada porosidade, consequentemente, resultando em uma área superficial ampliada.

Foi feito o teste com um ímã e foi possível observar que houve interação entre a espuma e o ímã, confirmando que a mesma possui propriedade magnética como mostra a figura 3.



Figura 3: Avaliação da propriedade magnética da EV.  
Fonte: Autores

A aplicação de EVs como suporte para semicondutores em processos de fotodegradação de contaminantes já é relatada na literatura (RANGEL et al., 2022), porém este resultado, conseguir atribuir propriedades magnéticas ao material, é importante e enriquece ainda mais a aplicabilidade da EV, uma vez que facilitará sua retirada do recipiente de tratamento quando for utilizado como suporte para fotodegradação de contaminantes ambientais.

#### 4. CONCLUSÕES

Este estudo demonstra uma abordagem para a reciclagem de resíduos sólidos urbanos, com foco em um material totalmente produzido com resíduos, sendo possível a reutilização de vidros de lâmpadas fluorescentes, cascas de ovos e lã de aço para produzir espumas vítreas com características magnéticas. Essas espumas têm um potencial significativo para aplicações ambientais, especialmente servindo como suporte na fotodegradação de contaminantes ambientais prejudiciais aos seres vivos e o meio ambiente. Essa abordagem promissora pode contribuir positivamente para a preservação do meio ambiente e

a saúde humana, abordando o desafio global representado pelos resíduos sólidos urbanos, indo de encontro às metas estabelecidas pela Agenda 2030 e os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama Nacional dos Resíduos Sólidos 2022**. Disponível em: <http://abrelpe.org.br/download-panorama-2022/>

CAO, C.; XUAN, W.; YAN, S.; WANG, Q. Zeolites synthesized from industrial and agricultural solid waste and their applications: a review. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 11, n. 5, p. 110898, out. 2023. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jece.2023.110898>.

KUMARI, S.; AMIT; JAMWAL, R.; MISHRA, N.; SINGH, D. K. Recent developments in environmental mercury bioremediation and its toxicity: a review. **Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management**, v. 13, p. 100283, maio 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enmm.2020.100283>.

LI, Tong; MENG, Fanyue; YANG, Jianping; LI, Hailong. Identification of mercury species in spent fluorescent lamps and mercury recovery by distillation. **Energy Reports**, v. 9, p. 64-72, ago. 2023. <http://dx.doi.org/10.1016/j.egy.2023.04.025>.

RANGEL, Eduarda Medran; MELO, Caio Cesar Nogueira de; CARVALHO, Caroline de Oliveira; OSORIO, Alice Gonçalves; MACHADO, Fernando Machado. Espumas vítreas produzidas a partir de resíduos sólidos. **Matéria** (Rio de Janeiro), v. 23, n. 1, p. 1, 5 mar. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/s1517-707620170001.0303>.

RANGEL, E. M.; MACHADO, F. M.; MELO, C. C. N; CARVALHO, C. de O.; OSÓRIO, A. G.; RODRIGUES, D. L. C. Produção de espumas vítreas de baixo impacto ambiental. **Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade**, Pelotas, v. 3, n. 1, p.1-6, jun. 2017.

RANGEL, Eduarda Medran; RIEMKE, Fábio Calcagno; ÜCKER, Cátia Liane; RAUBACH, Cristiane Wienke; ADEBAYO, Matthew Ayorinde; MACHADO, Fernando Machado. Photodegradation of acid yellow 23 BY Nb2O5 supported on eco-friendly glass foams. *Journal Of Cleaner Production*, v. 371, p. 133231, out. 2022. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133231>.

RANGEL, E. M.; CARVALHO, C. de O.; ARSAND, D. R. Síntese de espuma vítrea com óxido de zinco imobilizado para fotodegradação de alizarina s em solução aquosa. **Periódico Tchê Química**, Porto Alegre, v. 15, n. 29, p. 75-81, jan. 2018.

RINCÓN, A., GIACOMELLO, G., PASETTO, M., et al., “Novel ‘inorganic gel casting’ process for the manufacturing of glass foams”, **Journal of the European Ceramic Society**, v. 37 n. 5, pp. 2227-2234, Mar 2017.