

## DESENVOLVIMENTO DE BIOCAMPÓSITO AEROGEL PARA PURIFICAÇÃO DE ÁGUA CONTAMINADA POR AGROTÓXICOS EM ÁREAS RURAIS.

Maria Barreto Torres<sup>1,2</sup> (PIBIC/PIBITI-FAPITEC); Hávila M. M. Souza Sales<sup>1,2</sup>; Juliana Faccin de Conto<sup>1,2</sup>; Sílvia Maria Egues<sup>1,2</sup> (Orientadora)  
maria.btorres@souunit.com.br

<sup>1</sup> Universidade Tiradentes/Engenharia Civil/Aracaju/SE.

<sup>2</sup> Laboratório de Sínteses de Materiais e Cromatografia (LSINCROM), Instituto de Tecnologia e Pesquisa/Aracaju/SE.

3.00.00.00-9 - Engenharias; 3.06.00.00-6 – Engenharia Química; 3.06.01.00-2 – Processos Industriais de Engenharia Química

### RESUMO

**Introdução** A contaminação de corpos hídricos por poluentes orgânicos, especialmente agrotóxicos, representa um desafio ambiental crítico que afeta a saúde humana e a biodiversidade. O Brasil está entre os maiores consumidores mundiais de agrotóxicos (SINDIVEG, 2020), o que reforça a necessidade de soluções sustentáveis para a remediação de águas. Os métodos tradicionais de tratamento de águas sempre são eficazes na remoção de agrotóxicos. Nesse contexto, os aerogéis de sílica (SiO<sub>2</sub>) destacam-se por sua alta área superficial, porosidade e baixa densidade (SHI *et al.*, 2023), tornando-se promissores como suportes estruturais para fibras celulósicas e ampliando seu potencial de adsorção (LINHARES *et al.*, 2019). O reforço com fibras de celulose surge como alternativa inovadora, conferindo flexibilidade, e resistência mecânica (SILVA, 2021). As fibras celulósicas são derivadas de fontes renováveis e de baixo custo, favorecendo seu uso em áreas rurais. A integração entre sílica e fibras vegetais resulta em biocompósitos mais resistentes e sustentáveis, adequados a aplicações em adsorção e catálise (YANG *et al.*, 2023; NAKAHARA, 2023).

**Objetivos** O presente trabalho tem como objetivo sintetizar e caracterizar biocompósitos aerogéis de SiO<sub>2</sub>/*Luffa Cylindrica* em monólitos, avaliando sua aplicação como material adsorvente para remoção do agrotóxico atrazina de soluções aquosas, bem como sua capacidade de regeneração e reutilização.

**Metodologia** A síntese do aerogel utilizou tetraetoxissilano e viniltrimetoxissilano como precursores, e solventes ambientalmente amigáveis e fibras de *Luffa Cylindrica*. O compósito passou por hidrólise, condensação das partículas de sol, envelhecimento e secagem em etanol supercrítico, resultando no monólito de aerogel de SiO<sub>2</sub> reforçado com fibras de *Luffa Cylindrica*, identificado como AeroSi.Luf. Para comparação, foi produzido um aerogel sem as fibras, identificado como AeroSi. As amostras foram caracterizadas usando diferentes técnicas de análise físico-química, termomecânica e microestrutural. Os testes de adsorção serão realizados usando uma solução de atrazina (5 mg/L e 0,14 g de adsorvente) em um reator em batelada por 6 horas, em duplicata, à temperatura ambiente (25 °C), com amostragem em diferentes intervalos de tempo.

**Resultados** Os resultados iniciais de caracterização indicaram boa dispersão de fibras na matriz de sílica, resultando em boa afinidade entre os componentes. A contração volumétrica após a secagem supercrítica foi de aproximadamente 21,6% para AeroSi.Luf e 41,3% para AeroSi, demonstrando maior estabilidade dimensional com as fibras. O aerogel exibiu estrutura autoportante, sugerindo que a presença de fibras não comprometeu a integridade estrutural. As densidades aparentes foram baixas: 0,19 g/cm<sup>3</sup> para AeroSi.Luf e 0,18 g/cm<sup>3</sup> para AeroSi, típicas de materiais altamente porosos. A área superficial foi de 387,6 m<sup>2</sup>/g para AeroSi.Luf e 871,6 m<sup>2</sup>/g para AeroSi. Embora a incorporação das fibras tenha reduzido a área superficial, o valor obtido ainda é elevado e adequado para adsorção. O reforço estrutural proporcionado pelas fibras compensa essa redução, tornando o material mais viável para aplicações práticas, facilitando seu manuseio e reutilização, mantendo boas propriedades adsorptivas. **Conclusão** O estudo contribui para o avanço na área

de materiais funcionais e possui potencial para gerar um produto inovador e patenteável, alinhado às demandas ambientais e tecnológicas atuais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aerogel SiO<sub>2</sub>, *Luffa Cylindrica*, Atrazina

**Agradecimentos:** Agradecer à Fundação de Apoio à Pesquisa e à Inovação Tecnológica do Estado de Sergipe (FAPITEC/SE) pelo financiamento e à Universidade Tiradentes (UNIT) e ao Instituto de Tecnologia e Pesquisa (ITP) pelo suporte institucional.

## ABSTRACT

**Introduction** The contamination of water bodies by organic pollutants, particularly pesticides, represents a critical environmental challenge that affects human health and biodiversity. Brazil ranks among the world's largest consumers of pesticides (SINDIVEG, 2020), reinforcing the urgent need for sustainable solutions for water remediation. Traditional water treatment methods are not always effective in removing pesticides. In this context, silica aerogels (SiO<sub>2</sub>) stand out due to their high surface area, porosity, and low density (SHI et al., 2023), making them promising as structural supports for cellulosic fibers and enhancing their adsorption potential (LINHARES et al., 2019). Reinforcement with cellulose fibers emerges as an innovative alternative, providing flexibility and mechanical strength (SILVA, 2021). Cellulosic fibers are derived from renewable and low-cost sources, which favors their use in rural areas. The integration between silica and plant fibers results in stronger and more sustainable biocomposites, suitable for adsorption and catalysis applications (YANG et al., 2023; NAKAHARA, 2023). **Objectives** This study aims to synthesize and characterize SiO<sub>2</sub>/*Luffa cylindrica* aerogel biocomposites in monolithic form, evaluating their application as adsorbent materials for the removal of the pesticide atrazine from aqueous solutions, as well as their regeneration and reuse capacity. **Methodology** The aerogel synthesis used tetraethoxysilane and vinyltrimethoxysilane as precursors, environmentally friendly solvents, and *Luffa cylindrica* fibers. The composite underwent hydrolysis, condensation of sol particles, aging, and supercritical ethanol drying, resulting in the SiO<sub>2</sub> aerogel monolith reinforced with *Luffa cylindrica* fibers, identified as AeroSi.Luf. For comparison, an aerogel without fibers was also produced, identified as AeroSi. Samples were characterized using different physicochemical, thermomechanical, and microstructural analysis techniques. Adsorption tests will be conducted using an atrazine solution (5 mg/L and 0.14 g of adsorbent) in a batch reactor for 6 hours, in duplicate, at room temperature (25 °C), with sampling at different time intervals. **Results** Initial characterization results indicated good fiber dispersion within the silica matrix, resulting in strong affinity between components. The volumetric shrinkage after supercritical drying was approximately 21.6% for AeroSi.Luf and 41.3% for AeroSi, demonstrating greater dimensional stability in the fiber-reinforced sample. The aerogel exhibited a self-supporting structure, suggesting that the presence of fibers did not compromise structural integrity. Apparent densities were low — 0.19 g/cm<sup>3</sup> for AeroSi.Luf and 0.18 g/cm<sup>3</sup> for AeroSi — typical of highly porous materials. The surface areas were 387.6 m<sup>2</sup>/g for AeroSi.Luf and 871.6 m<sup>2</sup>/g for AeroSi. Although fiber incorporation reduced the surface area, the obtained value remained high and suitable for adsorption. The structural reinforcement provided by the fibers compensates for this reduction, making the material more feasible for practical applications by facilitating handling and reuse while maintaining good adsorptive properties. **Conclusion** The study contributes to advancing the field of sustainable materials for water remediation, demonstrating that silica–cellulose aerogel biocomposites offer a promising balance between mechanical strength, porosity, and adsorption efficiency.

**KEYWORDS:** aerogel biocomposite; water purification; pesticides.

**ACKNOWLEDGMENTS:** To thank the Foundation for the Support of Research and Technological Innovation of the State of Sergipe (FAPITEC/SE) for the funding, and the Tiradentes University (UNIT) and the Institute of Technology and Research (ITP) for the institutional support.

## REFERÊNCIAS/REFERENCES:

NAKAHARA, V. P. **Aerogéis de celulose: uma revisão com enfoque nas oportunidades tecnológicas de produção e aplicação.** 2023. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2023.

SHI, J.; LIAO, R.; JIA, R.; LIU, Y.; WU, D.; CHANG, S.; ZHANG, N.; GAO, G.; WANG, X.; HU, D.; WU, K.; XU, J. A novel combustion drying synthesis route of 3D WO<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> composite aerogels for enhanced adsorption and visible light photocatalytic activity. **Journal of Non-Crystalline Solids**, v. 609, p. 122259, 2023.

SILVA, T. C. A. **Aerogéis híbridos de celulose bacteriana/sílica modificados com nanomateriais fotocatalíticos para descontaminação de água em fluxo**. 2021. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2021.

SINDIVEG. Disponível em: [https://sindiveg.org.br/wp-content/uploads/2020/08/SINDIVEG\\_Paper\\_REVa\\_FINAL\\_2020\\_bxresolucao.pdf](https://sindiveg.org.br/wp-content/uploads/2020/08/SINDIVEG_Paper_REVa_FINAL_2020_bxresolucao.pdf). Acesso em: 15 maio 2021.

YANG, J.; HAN, X.; YANG, W.; HU, J.; ZHANG, C.; LIU, K.; JIANG, S. Nanocellulose-based composite aerogels toward the environmental protection: Preparation, modification, and applications. **Environmental Research**, p. 116736, 2023.