

ESPUMA DE CARBONO NANOFUNCIONALIZADA COM ÓXIDO DE BISMUTO PARA CAPTURA DE IODO RADIOATIVO EM EFLUENTES HOSPITALARES

**PEDRO HENRIQUE SANGALETTI¹; FÁBIO RIEMKE²; RENATO DE GOUVEIA³;
FRANCIELEN RODRIGUES⁴; CRISTIANE RATMANN⁵; SÉRGIO CAVA⁶**

¹*Universidade Federal de Pelotas – pedrohsangaletti@gmail.com*

²*Universidade Federal de Pelotas – fabio.riemke@gmail.com*

³*Universidade Federal de Pelotas – renatogouveia1@hotmail.com*

⁴*Universidade Federal de Pelotas – francielensmr2@hotmail.com*

⁵*Universidade Federal de Pelotas – critica.wr@gmail.com*

⁶*Universidade Federal de Pelotas – sergiocava@gmail.com*

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a definição da Agência Internacional de Energia Atômica, radioisótopos são formas instáveis de um elemento químico que, ao buscarem estabilidade, ejetam de seu núcleo partículas eletricamente carregadas ou radiação eletromagnética de alta energia, o que caracteriza o fenômeno da radioatividade. Essa emissão de energia, por ser capaz de ionizar espécies químicas, apresenta diversas aplicações na medicina e na indústria (DAHHAN, 2009). Traços de radioisótopos são comuns na natureza (como o carbono-14, usado em datações geológicas), mas em larga escala são gerados como subprodutos do decaimento do urânio em reações nucleares. Parte desses subprodutos são utilizados na produção de radiofármacos e fontes radioterápicas, sendo o iodo-131 e o césio-137 os mais conhecidos; entretanto, em sua maioria, essas substâncias são destinadas ao descarte, sendo armazenadas provisoriamente em tanques de contenção dentro das próprias usinas. Devido a sua intensa atividade nuclear e, por vezes, longa meia-vida, o manejo, descarte e contenção dessas substâncias é crítico, não só na indústria nuclear, como também nos institutos médicos de radioterapia e radiodiagnóstico.

A liberação não-controlada de tais substâncias no meio ambiente é motivo de grande preocupação, haja visto os graves acidentes envolvendo esses isótopos na história recente, tais como a explosão do reator 4 no Complexo Nuclear de Chernobyl (Ucrânia, 1986), que espalhou uma nuvem de iodo-131, césio-137 e estrôncio-90 sobre o leste europeu; a liberação de césio-137 oriundo de uma máquina abandonada de radioterapia em um ferro-velho de Goiânia (1987); e, mais recentemente, a falha de arrefecimento seguida de explosão de vapor nos reatores da usina nuclear de Fukushima Daiichi (Japão, 2011). As consequências desses acidentes perduram até hoje devido à presença de radionuclídeos no solo, na água e na cadeia alimentar de suas respectivas localidades. Longe de ser um problema isolado e pontual, estudos alarmantes revelam a presença de quantidades significativas de iodo-131 e outros radiofármacos em efluentes hospitalares, como investigado por ROSE, SWANSON, et al (2012).

Diante disso, faz-se necessário o desenvolvimento de tecnologias que impeçam a liberação desses materiais ou mitiguem sua propagação no meio ambiente em casos de acidente ou descarte accidental. Em vista disso, este trabalho propõe-se a unificar duas frentes de pesquisa: a utilização de nanoestruturas capazes de capturar íons iodeto solubilizados em água através da

quimioadsorção, baseando-se nos estudos de YANG, SARINA (2011) e ZHANG, GONÇALVES (2018), e a produção de um novo material mesoporoso à base de carbono através da carbonização sob parâmetros controlados da massa de pão branco, como proposto por YUAN, DING, WANG et al (2016), que será utilizado como substrato para o crescimento das nanoestruturas. A intenção deste trabalho é avaliar a eficiência da espuma de carbono nanofuncionalizada com óxido de bismuto como filtro imobilizador de radioisótopos ^{131}I em solução aquosa, em princípio.

2. METODOLOGIA

O trabalho se divide em três etapas, são elas: a produção e avaliação do substrato, a reação de crescimento das nanoestruturas através da síntese solvotérmica assistida por micro-ondas, e a avaliação da eficiência na captura de íons iodeto em meio aquoso.

Primeiramente, separou-se três cubos de massa de pão branco de aproximadamente 2cm^3 para dois métodos de carbonização: um proposto pela literatura, utilizando o forno tubular com atmosfera inerte à 1000°C durante 120 minutos; e outro utilizando um forno do tipo mufla, sem controle de atmosfera, à 350°C durante 60 minutos. As diferentes técnicas de carbonização foram realizadas para avaliar a resistência mecânica e porosidade das espumas em relação a temperatura, tempo de síntese e atmosfera. Após a saída dos fornos, fez-se uma inspeção visual para certificar a integridade estrutural dos cubos, sendo estes posteriormente submetidos a um teste de imersão em água destilada por 24 horas para medir sua capacidade de absorção, através do princípio de Arquimedes.

Pretende-se realizar uma análise morfológica da espuma através de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e também uma análise de área superficial utilizando o método BET. Posteriormente a isso, será realizada a síntese solvotérmica assistida por micro-ondas para a nucleação e crescimento de nanoestruturas de óxido de bismuto na superfície das porosidades da espuma, utilizando nitrato de bismuto como precursor químico, sob diferentes patamares de temperatura, afim de definir os melhores parâmetros para a nanofuncionalização. As espumas nanofuncionalizadas serão submetidas a análises de DRX, MEV e espectroscopias.

A terceira etapa do projeto é mensurar a eficiência da espuma na captura iônica, colocando-as em uma solução de água destilada com iodeto de potássio. Ao solubilizar o iodeto de potássio em água, ocorre a dissociação iônica do composto, liberando os ânions I^- no meio. Avaliar-se-á a disponibilidade dos ânions iodeto livres na solução antes e após a aplicação da espuma de carbono, bem como a formação de iodeto de bismuto na superfície da mesma, através da espectroscopia Raman.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As caracterizações iniciais foram realizadas utilizando o princípio de Arquimedes para aferição de densidade aparente, porosidade aparente, retração

volumétrica e absorção de água. As amostras carbonizadas em mufla sem controle de atmosfera apresentaram uma retração volumétrica de 64,4%, uma porosidade aparente de 98,6%, uma densidade aparente de 0,14g/cm³ e um teor de absorção de água de 772,73%. A sua capacidade de absorção indica enorme potencial como filtro de efluentes, bem como sua densidade, se utilizado para filtrar líquidos flotantes em água, como vazamento de óleo em alto-mar. Sua porosidade a torna promissora como isolante térmico, como comprovado pelo teste de chama com maçarico feito em laboratório. O teste teve duração de cinco minutos, com a esponja sendo exposta a chama do maçarico em torno de 1100°C. A parede de 2cm de espessura foi capaz de retardar a propagação de calor, aumentando apenas 20°C em relação a temperatura ambiente. Ensaios futuros irão avaliar a quantidade de calor transmitida por radiação responsável por este aumento, bem como a viabilidade de construir um material compósito capaz de eliminar todos os meios de transmissão térmica para atingir maior eficiência de isolamento, como um projeto paralelo ao aqui apresentado. Os resultados preliminares configuram a esponja de carbono obtida por esse método como uma proposta de material interessante para o fim ao qual este trabalho se destina, embora a resistência mecânica da estrutura ainda seja um desafio.

4. CONCLUSÕES

Este trabalho propõe a utilização de um novo material para o tratamento de efluentes hospitalares contaminados com radioisótopos, utilizando a nanotecnologia com baixo custo de produção e aquisição de matéria-prima.

A biomassa do pão branco é uma fonte interessante de carbono devido sua disponibilidade e sustentabilidade. A literatura demonstra que as espumas obtidas por este método têm sua porosidade facilmente controlada alterando-se a quantidade de agente fermentador e água, o que torna o processo de produção modulável às necessidades impostas pela aplicação.

O método de nanofuncionalização através da síntese solvotérmica assistida por micro-ondas é de grande interesse econômico devido ao aquecimento homogêneo que lhe é característico, evitando perdas de calor e com isso reduzindo o tempo e a temperatura necessária para que a síntese ocorra. Este ganho em eficiência se deve ao mecanismo de aquecimento, onde a alteração no momento dipolo do solvente dielétrico faz com que o movimento de rotação gere aquecimento através da fricção entre as moléculas. A inovação trazida por este projeto, então, é a união de ambos os métodos, notoriamente tidos como economicamente vantajosos, como rota de obtenção de um filtro para tratamento de efluentes de alto valor agregado para solucionar um problema grave de segurança ambiental.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DAHHAN, M.H. Radioisotopes applications in industry: an overview. **Atoms for Peace: An International Journal**, Missouri, vol.2, n.4, p.324-337, 2009.

RIEMKE, F. **Implementação de controle no processo de síntese hidrotérmica assistida por micro-ondas.** 2018. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Pelotas.

RILEY, B.J.; VIENNA, J.D., et al. Materials and processes for the effective capture and immobilization of radioiodine: A review. **Journal of Nuclear Materials**, Richland, v.470, p.307-326, 2016.

ROSE, P.S.; SWANSON, R.L.; COCHRAN, J.K. Medically-derived ^{131}I in municipal sewage effluent. **Water Resources**, New York, v.46, n.17, p.5663-5671, 2012.

MA, M.G.; ZHU, J.F.; et al. Microwave-assisted synthesis of hierarchical Bi_2O_3 spheres assembled from nanosheets with pore structure. **Materials Letters**, Beijing, v.64, n.13, p.1524-1527, 2010.

YANG, D.; SARINA, S.; et al. Capture of Radioactive Cesium and Iodide Ions from Water by Using Titanates Nanofibers and Nanotubes. **Angewandte Chemie International Edition**, Queensland, v.50, n.45, p.10594-10598, 2011.

YUAN, Y.; DING, Y.; et al. Multifunctional Stiff Carbon Foam Derived from Bread. **ACS Appl. Mater. Interfaces**. Harbin, v.8, n.26, p.16852-16861, 2016.

ZHANG, L.; GONÇALVES, A.; et al. Capture of iodide by BiVO_4 and Bi_2O_3 : an insightful look at the process and its aftermath. **ChemSusChem**, Kent, v.11, n.9, p.1486-1493, 2018.