

TECNOLOGIA DE ADSORÇÃO PREPARADA A PARTIR DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR PARA REMOÇÃO DE As(V) EM MEIO AQUOSO

FERREIRA-JR, J. E. G.^{1*}, MAIA, L. C.¹, SOARES, L. C.¹, GURGEL, L. V. A.¹

¹ Grupo de Físico-Química Orgânica, Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Campus Universitário Morro do Cruzeiro, s/nº, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto 35400-000, Brasil.

*E-mail para contato do autor apresentador: jorge.junior@ufop.edu.br

RESUMO EXPANDIDO

No presente trabalho é reportada a síntese e a caracterização de um biossorvente (BTEA) preparado a partir da modificação química do bagaço de cana-de-açúcar (BCA) com trietilamina (TEA) para remoção de As(V) de meio aquoso e as perspectivas futuras do trabalho. O arsênio é encontrado nas diversas fontes de abastecimento de água, impactando mais de 140 milhões de pessoas ao redor do mundo. A exposição ao contaminante pode levar ao desenvolvimento de doenças dermatológicas, cardiovasculares, neurológicas e câncer (UNICEF, 2018). O BCA é um subproduto da agroindústria, disponível em larga escala, renovável e possui baixo custo de aquisição. A capacidade de adsorção do BCA pode ser otimizada a partir da modificação química dos grupos hidroxila contidos em sua estrutura. Essa modificação consiste em uma reação química onde é feita a introdução de um grupo funcional específico de acordo com as características do elemento objeto de remoção do meio.

O BCA é proveniente de Ouro Preto, MG, Brasil. O BCA foi triturado em moinho de facas (DeLeo, Brasil), peneirado (agitador eletromagnético, Bertel, Brasil) e lavado com água destilada a 70°C. Posteriormente, o material foi submetido à extração em Soxhlet (hexano/etanol, 1:1 (v/v)) por 4 h e seco em estufa (90°C). Primeiramente, determinou-se o volume (mL) necessário de epicloridrina (EPI) e a temperatura de reação (T_1 , °C), utilizando-se excesso molar de TEA e, posteriormente, realizou-se a otimização do volume (mL) de TEA e da temperatura de reação (T_2 , °C), determinando-se as condições ótimas de síntese. A suspensão obtida foi filtrada e lavada com água destilada, solução de HCl (0,1 mol L⁻¹), etanol (95%) e éter dietílico. Antes do uso, o biossorvente foi seco (35°C) por 24 h em estufa sob pressão reduzida. As variáveis utilizadas para otimização foram: ganho de massa (pgm , %), capacidade de adsorção de As(V) ($q_{e, As(V)}$, mmol g⁻¹) e teor de nitrogênio (N , %). O BCA e o BTEA foram analisados por espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR). O pH do ponto de carga zero (pH_{PCZ}) foi determinado pelo método de adição de sólidos (PEREIRA, 2019). Os teores de carbono (%C), hidrogênio (%H) e nitrogênio (%N) foram determinados por análise elementar. O teor de cloro (%Cl) foi determinado por volumetria. A capacidade de adsorção ($q_{e, As(V)}$, mmol g⁻¹) foi determinada gravimetricamente. A área de superfície (Nova 1200e®, Quantachrome) foi determinada pelos métodos Brunauer, Emmett e Teller (BET) e o tamanho dos poros pelo método Dubinin-Radushkevich (DR). Foram realizados experimentos de adsorção com solução de As(V) (0,27 mmol L⁻¹), em pH 6,0. A concentração de As foi determinada

por espectrometria de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente (ICP-OES). Na Tabela 1 são mostradas as condições ótimas de síntese do BTEA. Os resultados multivariados foram otimizados utilizando-se planejamento Doehlert e avaliados por análise de variância (ANOVA) com nível de confiança de 95% ($p < 0,05$), utilizando o programa Statistica® (StatSoft, Inc., versão 10.0).

Tabela 1 – Resultados de otimização da síntese de BTEA

| | T (°C) | V (mL) | pgm (%) | $q_{e, As(V)}$ (mmol g ⁻¹) | N (%) | Cl (%) |
|-----|----------|----------|-----------|--|-------------|-------------|
| EPI | 100 | 6,4 | 18 ± 2 | 0,294 ± 0,003 | 1,40 ± 0,01 | 3,3 ± 0,1 |
| TEA | 105 | 11,0 | 19 ± 2 | 0,33400 ± 0,00009 | 1,41 ± 0,05 | 3,50 ± 0,05 |

O preparo do material em maior escala resultou em melhores resultados, com pgm de $27 \pm 2\%$ e $q_{e,As(V)}$ de $0,365 \pm 0,002$ mmol g⁻¹, o que demonstra as boas perspectivas para o avanço no escalonamento da tecnologia. A modificação química foi confirmada pelo espectro de FTIR do BTEA que indicou o aparecimento da banda em 1325 cm⁻¹, que corresponde à presença de C–N do grupo amina, e das bandas em 3020 e 1424 cm⁻¹ que correspondem aos grupos quartenários de amônio (PEREIRA, 2019). O material BTEA possui carga superficial líquida positiva para valores de pH abaixo de 7,30, o que demonstra a capacidade de adsorção dos ânions As(V). Os teores de C, H, N e Cl para BTEA foram $45,3 \pm 0,6\%$, $6,9 \pm 0,1\%$, $1,54 \pm 0,07\%$ e $4,11 \pm 0,08\%$, respectivamente. O teor de N indica que modificação química, de fato, ocorreu, uma vez que o BCA apresentou $0,19 \pm 0,03\%$ de N. A capacidade de adsorção tende ser favorecida, uma vez que houve um incremento da área superficial de $1,6$ m² g⁻¹ (BCA) para $2,0$ m² g⁻¹ (BTEA) e o aumento da largura média de poro de $14,1$ Å (BCA) para $22,5$ Å (BTEA). O BTEA é classificado como um material mesoporoso (poros com diâmetro entre 20 e 500 Å) (THOMMES *et al.*, 2015).

Os resultados apresentados mostram, portanto, que a tecnologia foi devidamente comprovada. A prova de conceito realizada em batelada mostrou que o BTEA possui capacidade de adsorção de As(V) satisfatória. A tecnologia possui um nível 3 de prontidão tecnológica (TRL). Um protótipo com o material adsorvente será desenvolvido para o avanço no processo de escalonamento da tecnologia, pretende-se trabalhar em modo contínuo, utilizando amostras reais. Posteriormente, pretende-se simular as operações industriais em uma mini-planta e validar o processo em uma escala de trabalho superior, passando da escala de grama para quilograma. Para a inserção do material no mercado, faz-se necessária a avaliação da viabilidade ambiental, técnica, econômica e comercial do material ao longo das etapas de escalonamento.

PALAVRAS-CHAVE: Biossorção; Tratamento de água; Arsênio.

REFERÊNCIAS

- PEREIRA, A. R. Síntese e caracterização de um derivado de celulose aminado e sua utilização na remoção de Cu (II) e As (V) de soluções aquosas mono- e multicomponente. UFOP, 2019.
- THOMMES, Matthias *et al.* Physisorption of gases, with special reference to the evaluation of surface area and pore size distribution. *Pure and Applied Chemistry*, 2015.
- UNICEF. *ARSENIC PRIMER Guidance on the Investigation & Mitigation of Arsenic Contamination*. New York, 2018.