

Iniciativa Amazônia+10: estudo do potencial de adsorção da nanocelulose bacteriana para remoção de metais pesados.

Amazon+10 Initiative: study of the adsorption potential of bacterial nanocellulose filters for removing heavy metals.

Giovanna Ayumi Matuoka Fukuda¹, Matheus Fonseca dos Santos², Ingrid Soares Xavier³,
Fernanda Menegon Rosario⁴, Paula Fernandes Montanher⁵, Samara Silva de Souza⁶

RESUMO

A escassez de água de qualidade em algumas microrregiões da Amazônia, causa exclusão social, doenças transmitidas pela água e impede o progresso socioeconômico dessas regiões. A Iniciativa Amazônia+10 busca ajudar comunidades ribeirinhas da região Amazônica, através do abastecimento energético e qualidade de água. Tecnologias de membrana são cada vez mais usadas para o tratamento e a purificação de águas. No entanto, as membranas disponíveis comercialmente são feitas com polímeros sintéticos, que exigem grandes quantidades de solventes. Por outro lado, a Nanocelulose Bacteriana (NCB) é um polímero natural, com propriedades como, biodegradabilidade, nanoporosa, alta capacidade de retenção de água e alta cristalinidade. Possui eficiência comprovada como material adsorvente para a remoção de vários contaminantes. Diante disso, o objetivo deste estudo foi avaliar e desenvolver filtros a base de NCB para a adsorção de cromo. A NCB foi obtida através da síntese da bactéria *Komagataeibacter xylinus*, e após a NCB foi purificada, liofilizada, moída e definida a granulometria, seguiu-se para montagem de uma coluna em escala piloto. O teste preliminar avaliou a eficiência na adsorção de uma solução de cromo a 1,62 ppm/L. Os resultados de absorção atômica mostraram uma adsorção da NCB, porém para uma melhor eficiência é necessário novos testes.

PALAVRAS-CHAVE: Cromo; Filtro de Membrana; Tratamento de água.

ABSTRACT

The scarcity of quality water in some micro-regions of the Amazon causes social exclusion, water-borne diseases and hinders socio-economic progress in these regions. The Amazonia+10 Initiative seeks to help riverside communities in the Amazon region through energy supply and water quality. Membrane technologies are increasingly used for water treatment and purification. However, commercially available membranes are made from synthetic polymers, which require large quantities of solvents. On the other hand, Bacterial Nanocellulose (BCN) is a natural polymer with properties such as biodegradability, nanoporosity, high water retention capacity and high crystallinity. It has proven efficiency as an adsorbent material for removing various contaminants. The aim of this study was to evaluate and develop NCB-based filters for chromium adsorption. The NCB was obtained through the synthesis of the bacterium *Komagataeibacter xylinus*, and after the NCB was purified, lyophilized, ground and its particle size defined, a pilot-scale column was assembled. The preliminary test evaluated the adsorption efficiency of a 2 ppm/L chromium solution. The atomic absorption results showed that NCB was adsorbed, but further tests are needed to improve efficiency.

¹ Bolsista voluntário. Universidade Tecnológica Federal Do Paraná, Dois Vizinhos, Paraná, Brasil. E-mail: giovannaayumi@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes:4078419294077657.

² Bolsista voluntário. Universidade Tecnológica Federal Do Paraná, Dois Vizinhos, Paraná, Brasil. E-mail: msantos.2019@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 7146676459514391

³ Bolsista voluntário. Universidade Tecnológica Federal Do Paraná, Dois Vizinhos, Paraná, Brasil. E-mail: ingridxavier@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 1797392551660069

⁴ Mestranda do PPGBIOTEC. Universidade Tecnológica Federal Do Paraná, Dois Vizinhos, Paraná, Brasil. E-mail: fernandarosario@alunos.utfpr.edu.br ID Lattes: 3789809420144940

⁵ Docente no Curso de Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia. Universidade Tecnológica Federal Do Paraná, Dois Vizinhos, Paraná, Brasil. E-mail: paulamontanher@utfpr.edu.br. ID Lattes: 7565400427188557

⁶ Docente no Curso de Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia. Universidade Tecnológica Federal Do Paraná, Dois Vizinhos, Paraná, Brasil. E-mail: samarasouza@utfpr.edu.br. ID Lattes: 6497095708045068

KEYWORDS: Chrome; Membrane Filter; Water treatment.

INTRODUÇÃO

No Brasil, em regiões da Amazônia e do Pará, como as comunidades ribeirinhas, a dificuldade de acesso a águas potáveis é devida muitas vezes à logística e aos meios de tratamentos que não são eficientes. Isso compromete a sobrevivência dessas comunidades que dependem dos rios como seu lar e fonte de recursos (CÉSAR DA COSTA RODRIGUES; TADEU MENDES PALHETA, 2019). Os metais pesados (MP's) são um dos principais contaminantes encontrados em fontes de água, que implicam em uma maior atenção quando correlacionado à saúde (REGINA *et al.*, 2002). Diante das variáveis de metais pesados, o cromo apresenta atividades carcinogênicas do grupo 1 e doenças ligadas à pele (dermatites) devido sua bioacumulação ao organismo (JAISHANKAR *et al.*, 2014; SIMONETTI BULLEGON *et al.*, 2019). Os meios de tratamento de água usuais se mostram ineficientes para metais pesados (MP's), sendo necessário novas vertentes de estudos, como a adsorção com materiais sólidos (STUMPF; DE, 2003). Visando essa problemática, um dos bioadsorventes promissores é a nanocelulose bacteriana (NCB), que tem se mostrado um biomaterial inovador em diferentes áreas (JOZALA *et al.*, 2016).

A nanocelulose bacteriana é cultivada a partir de bactérias do gênero *Komagataeibacter*, como a *K. xylinus* (DONINI *et al.*, 2010), e apresenta uma estrutura altamente porosa, alta resistência a tração, é biodegradável, biocompatível, tem alta retenção à água e pode sofrer modificações (DE MEDEIROS *et al.*, 2021). Com sua versatilidade, este biomaterial já se mostra eficaz na remoção de MP's de acordo com estudos relatados na literatura, sendo que a modificação da NCB permite uma maior capacidade de adsorção (BHATTACHARYA *et al.* JIN *et al.*, 2017; ROSSI *et al.*, 2018; WANG *et al.*, 2023).

Este estudo se concentra no desenvolvimento de nanocelulose bacteriana (NCB) como um adsorvente inovador para a purificação de água. As membranas de NCB oferecem baixo custo de produção, sustentabilidade ambiental, ocupam menos espaço em comparação com métodos convencionais e podem competir com filtros comerciais ainda pouco explorados, representando uma alternativa eficiente e econômica para tratar a contaminação de MP's em recursos hídricos.

O projeto faz parte da proposta "Amazônia Sustentável – Promovendo a inclusão social pelo acesso à energia elétrica e água de qualidade de comunidades locais amazônicas" INICIATIVA AMAZÔNIA +10, tendo como produto entregável o "Kit Amazônia", que será acessível (*low-cost*), de fácil manuseio (DIY), customizável e expansível (adaptável ao tipo de captação de H₂O, local e porte), usar materiais locais/regionais e ser de baixo impacto ambiental.

MATERIAIS E METODOLOGIA

MEIO DE CULTURA E INÓCULO

O meio de cultura Hestrin-Scharamm (HS) preparado nas seguintes proporções: 20 g/L de glicose, 5,0 g/L de extrato de levedura, 5,0 g/L de peptona, 2,7 g/L de fosfato dissódico e 1,15 g/L de ácido cítrico e então foi esterilizado em autoclave (HESTRIN.S;

SCHRAMM.M, 1953). As cepas de *Komagataeibacter xylinus* (ATCC® 53524™) foram utilizadas, a qual encontram-se preservadas em glicerol (20%) a -80°C.

PRODUÇÃO E PURIFICAÇÃO DAS MEMBRANAS

As membranas de NCB foram sintetizadas a partir do pré-inóculo e meio HS, em Erlenmeyers, na proporção de 10%(v/v) por 7 dias à 15 dias em modo estático a 28°C. Após a produção das membranas, as mesmas foram purificadas em solução de hidróxido de sódio (0,1M) a 50°C em estufa durante 24h. Em seguida, serão realizadas lavagens com água destilada até o pH atingir a neutralidade, e esterilização em autoclave a 121°C por 20 min.

SECAGEM, MOAGEM E GRANULOMETRIA

As membranas de NCB foram armazenadas em ultrafreezer a -80°C e então liofilizadas em liofilizador (LIOTOP L101) durante 24 horas até a secagem completa. As membranas de NCB secas foram trituradas em moinho analítico (QUIMIS) e levadas para separação granulométrica de 20, 60, 80 e 100 mesh. Para o teste foi utilizada a NCB de 60 mesh.

SOLUÇÃO DE CROMO

Para o experimento deste trabalho, a solução de cromo foi preparada a 1,62 ppm/L.

MONTAGEM DO SISTEMA DE FILTRAGEM E TESTE DE ADSORÇÃO

Para realizar o teste de adsorção, foi necessário a adaptação de um modelo de sistema filtro em escala de bancada (Figura 1).

Figura 1 – Sistema de filtragem e coluna de NCB moída



Fonte: Autoria própria, 2023.

Para o “cartucho” de filtragem de NCB, foi utilizado pipetas de Pasteur que foram cortadas superiormente, no qual foram inseridas aproximadamente 0,35g de NCB moída em uma coluna de 3 cm. Adaptou-se uma bureta superior com a solução, a qual permitiu

uma vazão constante da solução sob a coluna filtrante e foi cronometrado o tempo de passagem da solução a cada amostra retirada. Foram coletadas dez amostras a cada 5 mL de solução de cromo percorrido pela bureta no módulo filtrante. A solução controle e os pontos coletados foram analisados em Espectrometria de absorção atômica, com uma curva de calibração de 0,5 ppm a 5 ppm, para avaliar a capacidade da NCB na adsorção do cromo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O teste de adsorção do cromo com a NCB apresentou os resultados como esperado. Considerando que a solução inicial apresentava uma concentração de 1,62ppm/L pela Figura 2 identificou-se que a saturação da NCB ocorreu no ponto quatro, a partir disso houve variações da concentração, com uma adsorção não mais eficiente.

Figura 2- Gráfico da concentração de cromo adsorvida pela NCB



Fonte: Autoria própria,2023

Como plataforma para a remoção de íons de MP's, os adsorventes à base de NCB oferecem muitas vantagens, no entanto, existem desafios que precisam ser abordados. Dados os fortes grupos iônicos negativos, os adsorventes à base de nanocelulose(NC) têm uma alta atratividade eletrostática, oferecendo locais de adsorção desejados para íons de MP's. No entanto, grupos iônicos hidrofílicos negativos diminuem a capacidade hidrofóbica e a estabilidade dos adsorventes de água.

Modificações superficiais tais como oxidação, fosforilação e animação, poderiam promover os locais de adsorção de adsorventes à base de NC, embora isso provavelmente resultasse em uma rápida diminuição na sua capacidade de dessorção. Para obter altas capacidades de dessorção, primeiro é necessário encontrar materiais que tenham diferentes afinidades de ligação para íons de MP's, depois montar esses substratos em compósitos adsorventes multicamadas 2D/3D à base de NC e, finalmente, preparar os adsorventes com alta adsorção /capacidade de dessorção.

CONCLUSÕES

Esse estudo preliminar para avaliar o potencial da NCB em adsorver o metal cromo desperta o interesse nos desenvolvimentos de filtros para tratamento de água. Para atender aos requisitos de adsorção seletiva ou dessorção de diferentes íons de metais pesados, conjuntos controlados com precisão de adsorventes à base de nanocelulose com hidrofiliidades são desejados. Para otimizar o processo de montagem, o agente de reticulação e a função, os tipos de aditivos a serem incorporados na NCB têm de ser adequadamente selecionados para modular as estruturas porosas adequadas e as capacidades de adsorção.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a UTFPR Campus Dois Vizinhos pela oportunidade de realização da pesquisa. Aos meus orientadores e ao Grupo de pesquisa NanoBioCell, onde trocamos experiências e conhecimento, e aos demais amigos e colegas que fizeram parte desse ciclo. Os autores agradecem ao Laboratório de Biotecnologia Ambiental e Alimentos (LABIA) e ao Laboratório Multiusuário Central de Análises (LabCA) da UTFPR Campus Dois Vizinhos.

CONFLITO DE INTERESSE

Não há conflito de interesse.

REFERÊNCIAS

BHATTACHARYA, A. et al. SELECTED CASE STUDIES ON THE ENVIRONMENT OF THE MEDITERRANEAN AND SURROUNDING REGIONS Production and characterization of Komagataeibacter xylinus SGP8 nanocellulose and its calcite based composite for removal of Cd ions. *Environmental Science and Pollution Research*, 2021.

CHENG, Rong *et al.* Deeply removal of trace Cd²⁺ from water by bacterial cellulose membrane loaded with nanoscale zerovalent iron: Practical application and mechanism. *Chemical Engineering Journal*, v. 468, p. 143668, jul. 2023.

DE MEDEIROS, Alexandre D'Lamare Maia *et al.* *Biocellulose for treatment of wastewaters generated by energy consuming industries: A review.* *Energies*. [S.l.]: MDPI AG. , 2 ago. 2021

DONINI, Ígor A N *et al.* BIOSÍNTESE E RECENTES AVANÇOS NA PRODUÇÃO DE CELULOSE BACTERIANA. *Artigo/Article Artigo/Article Ecl. Quím*, v. 35, n. 4, p. 35–39, 2010. Disponível em: <www.scielo.br/eq>.

GHOLAMI DERAMI, Hamed *et al.* A Robust and Scalable Polydopamine/Bacterial Nanocellulose Hybrid Membrane for Efficient Wastewater Treatment. *ACS Applied Nano Materials*, v. 2, n. 2, p. 1092–1101, 22 fev. 2019.

HESTRIN.S; SCHRAMM.M. Synthesis of Cellulose by *Acetobacter xylinum* 2. PREPARATION OF FREEZE-DRIED CELLS CAPABLE OF POLYMERIZING GLUCOSE TO CELLULOSE*. *J. gen. Phy8iol*, v. 58, p. 71, 1953.

JAISHANKAR, Monisha *et al.* *Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. Interdisciplinary Toxicology*. [S.l.]: Slovak Toxicology Society. , 1 jun. 2014

JIN, Xuchen *et al.* Polyethyleneimine-bacterial cellulose bioadsorbent for effective removal of copper and lead ions from aqueous solution. *Bioresource Technology*, v. 244, p. 844–849, 1 nov. 2017.

JOZALA, Angela Faustino *et al.* Bacterial nanocellulose production and application: a 10-year overview. *Applied Microbiology and Biotechnology*, v. 100, n. 5, p. 2063–2072, 1 mar. 2016.

LI, Boling *et al.* From speciation to toxicity: Using a “Two-in-One” whole-cell bioreporter approach to assess harmful effects of Cd and Pb. *Water Research*, v. 217, 15 jun. 2022.

REGINA, Mônica *et al.* *REMOÇÃO DE METAIS PESADOS DE EFLUENTES INDUSTRIAIS POR ALUMINOSSILICATOS*. *Quim. Nova*. [S.l: s.n.], 2002.

RODRIGUES, F. C. da C.; PALHETA, R. T. M. Educação ambiental e interdisciplinaridade: a importância da água na vida dos ribeirinhos da Ilha das Onças (Furo Conceição), Barcarena, Pará, Brasil. *Ambiente & Educação: Revista de Educação Ambiental*, v. 24, n. 2, p. 310–330, 2019.

ROSSI, Ezequiel *et al.* Carboxymethylated bacterial cellulose: An environmentally friendly adsorbent for lead removal from water. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, v. 6, n. 6, p. 6844–6852, 1 dez. 2018.

SIMONETTI BULEGON, Jovana *et al.* *INTOXICAÇÃO POR CROMO E SEUS EFEITOS NO ORGANISMO*, 2019.

SPEROTTO, Gabriela *et al.* A review of culture media for bacterial cellulose production: complex, chemically defined and minimal media modulations. *Cellulose*, v. 28, n. 5, p. 2649–2673, 1 mar. 2021.

STUMPF, Vivian; DE, Madeira Fevereiro. *DESENVOLVIMENTO DE UM CARVÃO ADSORVENTE PARA REMOÇÃO DE ÍONS FERRO EM ÁGUAS NATURAIS*. 2003. 2003.

WALLING, Bendangtula *et al.* *Bacterial nanocellulose: A novel nanostructured bio-adsorbent for green remediation technology*. *Acta Ecologica Sinica*. Ecological Society of China. , 2023

WANG, Yue *et al.* Bio-inspired fabrication of adsorptive ultrafiltration membrane for water purification: Simultaneous removal of natural organic matters, lead ion and organic dyes. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, v. 11, n. 3, 1 jun. 2023.