



COMPARAÇÃO DA CAPACIDADE ADSORTIVA ENTRE O CARVÃO ATIVADO E A CASCA DA ALOE VERA NA REMOÇÃO DE ÍONS Cu^{2+} E Ni^{2+}

Maria L. de Paula¹; Pedro O. Andrade¹, Sandro Marmitt¹, Lucinara S. Linck¹.

¹Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha, Novo Hamburgo, RS, Brasil.

depaulamarialuisa8@gmail.com

Palavras-Chave: Babosa, galvanoplastia, adsorventes.

Introdução

Segundo Ladeira (2008) e Pereira (2008), a galvanização consiste em um processo de revestimento da superfície de uma peça, geralmente metálica, por outro metal, visando a alterações de algumas de suas características, tais como cor, brilho, rigidez e resistência à corrosão. Nos banhos galvânicos, está presente uma série de substâncias que, dependendo das concentrações, implicam grandes riscos à saúde e ao meio ambiente. As peças são submetidas a um ou mais banhos eletrolíticos, dentre os quais se destacam cobre e níquel (VALANDRO et al., 2019). As etapas de enxágue geram volumes consideráveis de efluentes que, embora mais diluídos que os banhos eletrolíticos, apresentam alta toxicidade. Enquanto os banhos eletrolíticos operam com concentrações metálicas elevadas, geralmente expressas em g/L, as águas de lavagem caracterizam-se por concentrações na ordem de mg/L, partes por milhão – ppm. Essa diluição ocorre pelo arraste da solução do banho para os tanques de lavagem, sendo necessário que esses resíduos líquidos sejam previamente submetidos a tratamento em que a água geralmente é reutilizada após passar por um processo de troca iônica, sendo o mesmo relativamente caro.

O carvão ativado é amplamente utilizado em processos de tratamento de efluentes industriais devido à sua elevada capacidade de adsorção de contaminantes, sendo aplicado na remoção de íons de metais pesados presentes em águas residuárias de processos como a galvanoplastia (SILVA, 2015). Em relação à produção de carvão ativado no Brasil, o país explora, comercializa e utiliza o carvão tanto de origem vegetal, quanto de origem mineral. Entretanto, estudos indicam que sua produção gera impactos ambientais significativos. A produção de carvão ativado envolve processos térmicos com altas temperaturas, a carbonização e ativação química demandam elevado consumo energético resultando na emissão de gases de efeito estufa. Artigos de avaliação do ciclo de vida do carvão ativado, indicam que sua produção pode gerar em torno de 1,2 kg a 1,3 kg de dióxido de carbono por kg de carvão ativado produzido.

Diante desses problemas, esta pesquisa propõe o uso da casca da *Aloe vera*, como uma proposta alternativa e biodegradável por análise comparativa em relação ao carvão ativado. A *Aloe vera* é uma planta abundante e facilmente encontrada em diferentes regiões



do mundo, sendo conhecida popularmente por sua diversidade de aplicações. Um estudo de Gupta, Singh e Jain (2019) avaliou o uso de resíduos de folhas de *Aloe vera* como biossorvente para remoção de metais pesados em solução aquosa, no qual foi observado uma elevada eficiência de adsorção sob situações controladas de pH e tempo de contato.

Material e Métodos

A casca de *Aloe vera*, o hidróxido de sódio (NaOH) e o ácido clorídrico (HCl), todos os reagentes foram cedidos pelo Curso Técnico em Química da Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha. As cascas foram obtidas a partir de cultivo próprio dos autores.

Inicialmente, as cascas foram cortadas, lavadas com água deionizada e secas em estufa a 45 °C por 24 h. Após a secagem, o material foi triturado e classificado por granulometria em um sistema de peneiras, obtendo-se duas frações: diâmetro menor que 177 µm e diâmetro entre 177 µm e 420 µm. A fração de maior tamanho granulométrico foi selecionada devido à melhor adequação para a etapa posterior de filtração. O material triturado foi submetido à lavagem com água deionizada sob filtração a vácuo para remoção de impurezas solúveis e seco novamente em estufa a 45 °C por 24 h.

Para o preparo e a ativação química, a casca foi tratada com solução de NaOH 1,0 mol L⁻¹, na proporção de 20 mL de solução para cada 1,0 g de biossorvente, mantida sob agitação a 25 °C por 24 h. Em seguida, o material foi lavado com solução de HCl 0,1 mol L⁻¹ e água deionizada até atingir pH neutro, sendo submetido a uma nova etapa de secagem em estufa a 45 °C por 24 h.

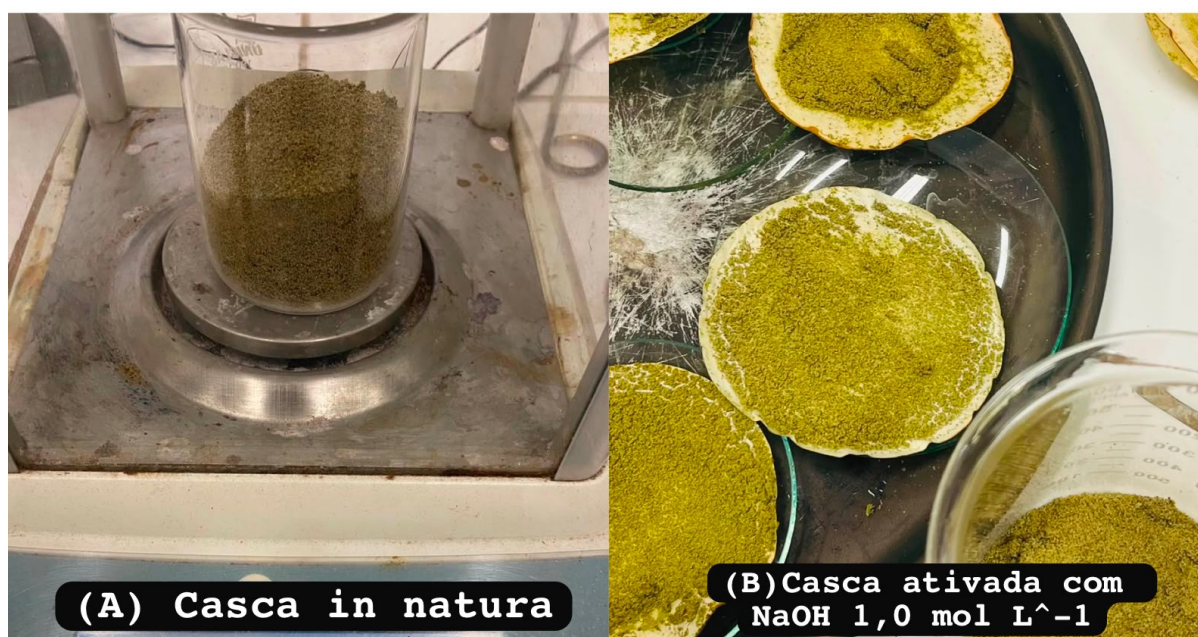
O Ponto de Carga Zero (PCZ) do biossorvente foi determinado em duplicata. Suspensões contendo 0,5 g do adsorvente em foram preparadas com valores de pH inicial variando de 1 a 12, ajustados com soluções de HCl 0,1 mol L⁻¹ e NaOH 0,1 mol L⁻¹, monitorados por pHmetro de bancada. As misturas foram mantidas sob agitação por 24 h. O valor de PCZ foi definido graficamente pela variação entre o pH final em função do pH inicial, identificando-se um ponto médio onde a inclinação da curva tende a zero, caracterizado pela estabilização dos valores de pH em um patamar constante.

Para os ensaios de adsorção, serão utilizados efluentes reais provenientes de águas de lavagem de uma indústria galvânica, cujas concentrações iniciais dos íons metálicos serão determinadas por espectrofotometria UV-Vis. Para delimitar a viabilidade operacional da casca ativada, serão conduzidos ensaios comparativos com efluentes de cobre alcalino e de níquel. O PCZ= 7,2 atuará como um ponto médio de referência na avaliação dos sistemas: enquanto para o cobre alcalino ele permitirá explorar a faixa em pH > 7,2, potencializando a atração eletrostática catiônica, para o efluente de níquel a determinação do PCZ demonstra antecipadamente as limitações de operação nessa região alcalina, uma vez que o metal precipita na forma de hidróxidos insolúveis em pH > 6,0 (KURNIAWAN et al., 2006). Diferentes configurações serão avaliadas nos tempos de contato de 5, 10, 20, 30 e 60 min, testando-se massas de biossorvente de 0,5 g, 1,0 g e 1,5 g sob agitação constante a 150 rpm por 24 h. Um ensaio comparativo com carvão ativado comercial será executado em triplicata sob as mesmas condições (BANSAL; GOYAL, 2005), e as concentrações residuais serão quantificadas por espectrofotometria UV-Vis.

Resultados e Discussão

As alterações visuais da casca da *Aloe vera* antes e após ativação química com NaOH 0,1 mol L⁻¹ são mostradas na Figura 1. A modificação química removeu substâncias solúveis da estrutura celular, expondo diretamente os grupos funcionais e aumentando a porosidade do material para a retenção dos metais.

Figura 1 – Aspecto visual da casca de *Aloe vera* antes (A) e após (B) a ativação química com NaOH 1,0 mol L⁻¹.

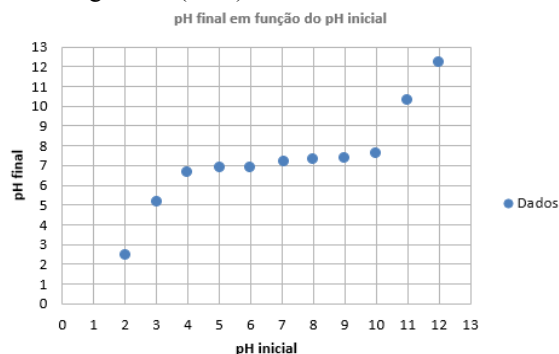


Fonte: Maria luisa, 2026.

A variação da carga superficial da casca de *Aloe vera* ativada em função do pH é apresentada na Figura 2, indicando um valor médio de PCZ = 7,2. Em pH > 7,2, a desprotonação da superfície do biossorvente causará uma carga superficial negativa, a qual facilitará o processo de adsorção por ocorrer em meio alcalino, favorecendo a captação do cobre por atração eletrostática. Dessa forma, o tratamento das águas de lavagem de cobre alcalino pode apresentar vantagens operacionais promissoras, uma vez que a própria natureza do efluente potencializará o processo. Em contrapartida, em pH < 7,2 irá prevalecer a repulsão eletrostática e a competição com os íons H⁺, enquanto para o efluente de níquel a operação acima do PCZ se mostra desfavorável, visto que o metal precipita na forma de hidróxido em meio alcalino.



Figura 2 - Determinação do Ponto de Carga Zero (PCZ) da casca da *Aloe vera* ativada com NaOH 1,0 mol L⁻¹.



Fonte: Dados da pesquisa (2026).

Conclusões

A utilização da casca de *Aloe vera* ativada tende a se mostrar uma alternativa promissora e eficiente para o tratamento de efluentes galvânicos de cobre alcalino. A modificação química promoveu alterações estruturais na biomassa, removendo substâncias solúveis e expondo grupos funcionais essenciais para a retenção do metal. A determinação de um ponto médio de Ponto de Carga Zero, PCZ = 7,2 delimitou com precisão as condições operacionais do sistema. Em pH > 7,2, espera-se que a carga superficial negativa gerada no biossorvente favoreça significativamente a adsorção por atração eletrostática, indicando que o material possui potencial de aplicação para outros efluentes provenientes de banhos alcalinos, como os de zinco e latão. Por outro lado, a análise do PCZ permitiu identificar previamente as limitações do biossorvente diante do efluente de níquel, cuja tendência à precipitação em meio alcalino indica as restrições de faixa operacional para esse metal. Dessa forma, o estudo busca atender aos seus objetivos ao transformar um resíduo vegetal em um adsorvente eficiente, delimitando com clareza onde e como ele poderá ser aplicado no tratamento de efluentes industriais.



Referências

- BANSAL, R. C.; GOYAL, M. Activated Carbon Adsorption. Boca Raton: CRC Press, 2005.
- GUPTA, V. K.; SINGH, P.; JAIN, R. Aloe vera-based adsorbents for removal of heavy metals: a review. Journal of Dispersion Science and Technology, [s. l.], v. 46, n. 2, 2025. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01932691.2025.2607127>. Acesso em: 15 mar. 2026.
- KURNIAWAN, T. A. et al. Physico-chemical treatment techniques for wastewater laden with heavy metals. Chemical Engineering Journal, [s. l.], v. 118, n. 1-2, p. 83-98, 2006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653521003301>. Acesso em: 23 mar. 2026.
- LADEIRA, A. C. Q. Alternativas para o tratamento de efluentes da indústria galvânica. Engenharia Sanitária e Ambiental, [s. l.], v. 13, n. 3, p. 263-270, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/VZw8wWqNSjTjMRSWHpjBc6R/>. Acesso em: 14 abr. 2026.
- PEREIRA, N. C. Processos eletroquímicos industriais. Maringá: Eduem, 2008. Acesso em: 20 mar. 2026.
- SILVA, F. L. Aplicação de carvão ativado na remoção de metais pesados em efluentes industriais. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2015. Acesso em: 20 mar. 2026.
- VALANDRO, S. R. et al. Tratamento de efluentes da indústria de galvanoplastia contendo metais pesados. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, Santa Maria, v. 23, e8, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/36153>. Acesso em: 09 mar. 2026.