

## **PRODUÇÃO DE H<sub>2</sub> ACOPLADA A CONVERSÃO DE RESÍDUOS A PRODUTOS DE VALOR AGREGADO**

**Felipe Guimarães de Souza**

**Estefany Quispe Chacon, Lorena Cyntia Pereira Sales**

**Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Fernanda L. Souza**

Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo

[felipeguimaraes2004@usp.br](mailto:felipeguimaraes2004@usp.br)

### **Objetivos**

Investigar a viabilidade técnica e econômica da eletrólise da água acoplada ao tratamento de águas residuais, contendo compostos orgânicos voláteis e derivados de biomassa, onde a cafeína foi selecionada como molécula de partida. A análise de desempenho do processo foi conduzida pela avaliação de parâmetros chave: potencial de célula, densidade de corrente, taxa de produção de hidrogênio, consumo energético e eficiência na degradação desse poluente.cátodo

### **Métodos e Procedimentos**

A eletrodegradação da cafeína ( $10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  em meio de KOH) foi investigada utilizando um anodo dimensionalmente estável (DSA-Cl<sub>2</sub>®). O desempenho do processo foi comparado sistematicamente em três configurações distintas: célula eletroquímica de compartimento único, célula H de dois compartimentos separada por membrana de Nafion® e, célula unitária de fluxo com membrana tipo Fumasep. O comportamento eletroquímico do sistema foi avaliado pelas técnicas de voltametria cíclica e cronoamperometria, sendo realizada a quantificação do contaminante removido ao

final desses ensaios por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE) empregando coluna c18 Kromasil, acetonitrila/H<sub>2</sub>O 70:30 a 1 mL/min com detector UV a 254 nm.

### **Resultados**

Os resultados indicaram que a eletrodegradação da cafeína é um processo complexo, influenciado tanto pelo material do anodo quanto pela composição do eletrólito. Inicialmente, ao comparar anodos em meio de KOH, o de filtro de níquel demonstrou superioridade em relação ao DSA comercial, alcançando completa degradação (100%) do contaminante em solução 1,0 M, enquanto o DSA obteve uma remoção mais limitada. A análise cromatográfica em ambas as condições revelou a formação de subprodutos, sugerindo que, além da eletrooxidação, ocorrem reações químicas entre a cafeína e o meio alcalino. A investigação foi aprofundada em uma célula de dois compartimentos, onde a variação da solução catódica mostrou um impacto drástico no desempenho da degradação. Foi observado que a condição de maior eficiência ocorreu no católito de NaCl, cuja remoção total da cafeína no anodo de DSA em apenas duas horas, mostrou-se significativamente superior aos sistemas com católitos de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> e H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, com a taxa de remoção de 19% e 34% (Figura

1), respectivamente, evidenciando o papel fundamental dos mediadores eletrogerados, como as espécies de cloro ativo na aceleração desse processo. Contudo, nessa etapa da pesquisa, a geração de H<sub>2</sub> ainda precisa ser melhor explorada devido a sua baixa eficiência de produção.

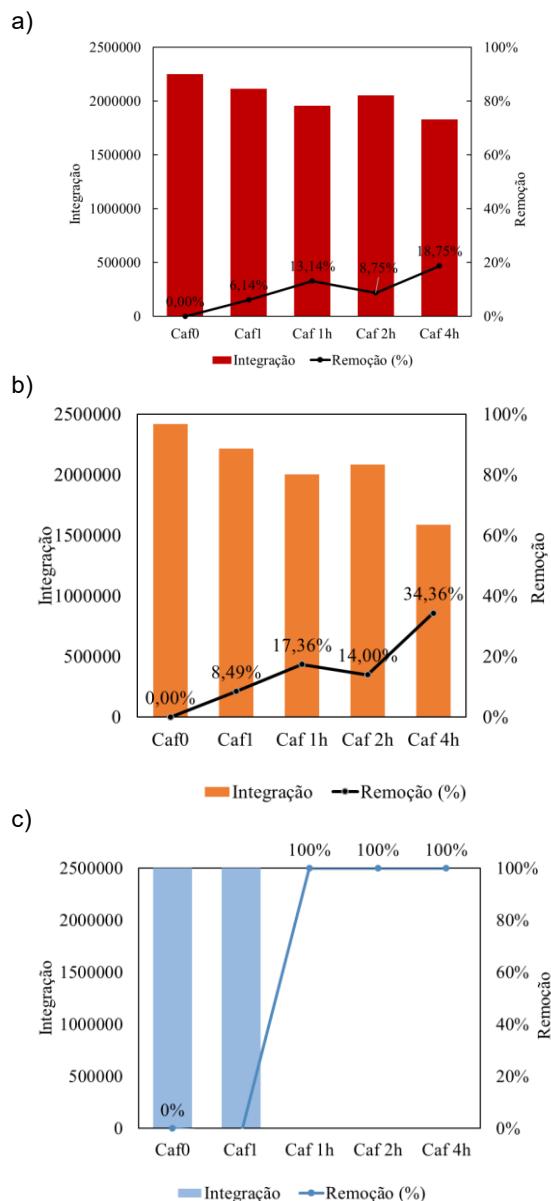


Figura 1: Comparação entre a área de pico da cafeína e percentual de remoção ao longo do experimento com Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 0,1M no lado anódico e a) Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 0,1M; b) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,1M e c) NaCl 0,3M no lado catódico.

## Conclusões

Conclui-se que a eletrodegradação da cafeína é maximizada em um sistema de dois compartimentos com catálitos: de NaCl, condição que promove a remoção completa do contaminante; de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, com taxa de remoção de 19%; e de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, com 34% de remoção. Estudos futuros devem focar na otimização da geração de hidrogênio durante o procedimento experimental, que se mostrou ineficiente, e na análise toxicológica dos subprodutos gerados durante o processo.

## Referências

Arfanis MK, Adamou P, Moustakas NG, et al (2017) Photocatalytic degradation of salicylic acid and caffeine emerging contaminants using titania nanotubes. Chemical Engineering Journal 310:525–536.

de Oliveira JT, Nunes KGP, Cardoso Estumano D, Féris LA (2024) Applying the Bayesian Technique, Statistical Analysis, and the Maximum Adsorption Capacity in a Deterministic Way for Caffeine Removal by Adsorption: Kinetic and Isotherm Modeling. Ind Eng Chem Res 63:1530–1545.

Maciel OS, Caldeira VPS, Cardozo JC, et al (2025) Sustainable electrochemical integratedhybrid process for degrading caffeine and producing green hydrogen. Journal of Solid State Electrochemistry.

Watanabe Y, Ugata Y, Ueno K, et al (2023) Does Li-ion transport occur rapidly in localized high-concentration electrolytes? Physical Chemistry Chemical Physics 25:3092–3099.