



Estudo do acoplamento simultâneo da reação de oxidação de compostos orgânicos com geração de H₂

Felipe Eduardo de Oliveria Scafi,

Estefany Quispe Chacon, Lorena Cyntia Pereira Sales

Orientador(a): Fernanda de Lourdes Souza

Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo

Felipe.scafi@usp.br

Objetivos

O trabalho tem como objetivo estudar a produção de hidrogênio (H₂) por meio da eletrólise assistida, acoplando-a à reação de oxidação de compostos orgânicos — no caso, a cafeína — buscando maior sustentabilidade e redução do consumo energético. A proposta se insere no contexto da transição energética para fontes renováveis e na aplicação dos princípios da economia circular, visando a valorização de resíduos orgânicos e diminuição de impactos ambientais.

Métodos e Procedimentos

Foram realizados ensaios em célula eletroquímica tipo H de dois compartimentos, separados por membrana de Nafion®, utilizando diferentes soluções eletrolíticas no compartimento anódico (Na₂CO₃ 0,1 mol L⁻¹; H₂SO₄ 0,1 mol L⁻¹ e NaCl 0,3 mol L⁻¹) e Na₂CO₃ 0,1 mol L⁻¹ no compartimento catódico. Os eletrodos usados foram DSA-CI2® (ânodo) e titânio platinado (cátodo). A solução anódica foi dopada com cafeína (10 mg L⁻¹).

As técnicas eletroquímicas aplicadas incluíram voltametria cíclica, voltametria linear e impedância eletroquímica, visando caracterizar a atividade eletrocatalítica, estabilidade dos eletrodos e identificar as potenciais reações

redox. Além disso, foram realizadas as análises cromatográficas no equipamento Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE), de especificações: coluna c18 Kromasil, acetonitrila/H₂O 70:30 a 1 mL/min com detector UV a 254 nm, para quantificar a absorvância da cafeína durante os ensaios e compreender a relação de degradação por tempo.

Resultados

No primeiro ensaio (A) com Na₂CO₃ como eletrólito anódico, observou-se baixa eficiência na degradação da cafeína, aproximadamente 18,8%, evidenciada por pequenas variações no pico característico no CLAE. A voltametria cíclica mostrou leve redução da corrente após adição da cafeína, sugerindo adsorção sobre o ânodo, e posterior recuperação parcial da corrente após cronoamperometria.

No segundo ensaio (B), usando H₂SO₄ como eletrólito anódico, a degradação também foi reduzida aproximadamente 34,4%. Embora o meio ácido favoreça a formação de espécies oxidantes, estas possivelmente sofreram rápida recombinação, limitando a degradação da cafeína. Os resultados indicaram que apenas a mudança de pH não foi suficiente para aumentar significativamente a eficiência do processo.

De forma geral, as técnicas eletroquímicas demonstraram capacidade de monitorar as

reações de oxidação e evidenciaram os desafios na degradação de compostos orgânicos por via eletroquímica, especialmente quanto à escolha do eletrólito e às condições operacionais.

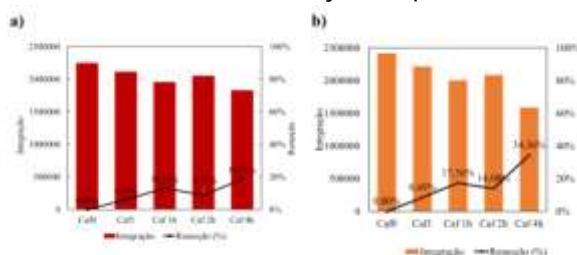


Figura 1 – Gráficos dos ensaios respectivos

Conclusões

Os resultados mostraram que variações no eletrólito e no potencial aplicado influenciaram na degradação da cafeína e, consequentemente, na eficiência da produção de H₂. No entanto, mesmo em meio ácido, a degradação foi limitada, destacando a necessidade de otimização das condições experimentais. As análises indicam que a eletrólise assistida apresenta potencial promissor como estratégia para produção sustentável de hidrogênio verde e tratamento de resíduos orgânicos, mas requer ajustes, como escolha de melhores catalisadores, parâmetros de operação e avaliação com outros compostos alvo. O próximo passo será ampliar os testes com diferentes compostos orgânicos e estudar detalhadamente a geração de H₂.

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Agradecimentos

Agradeço a oportunidade e a confiança entregue a mim pela Professora Fernanda Souza e a USP pela bolsa concedida

Referências

MUELLER DE LARA, D.; RICHTER, M. *Hidrogênio Verde: A Fonte de Energia do*

Futuro. Novos Cadernos NAEA. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/ncn/article/viewFile/12746/10175>. Acesso em: 13 fev. 2025.

MELO, S. *Descubra as Diferenças entre Hidrogênio Cinza, Azul e Verde*. IATI. Disponível em:

https://www.iati.org.br/pt_br/noticias/descubra-as-diferencas-entre-hidrogenio-cinza-azul-e-verde. Acesso em: 13 fev. 2025.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). *Hidrogênio Verde: Oportunidades e Desafios para o Brasil*. Radar, n. 74, 2024. Disponível em:

https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/12633/7/Radar_74_Art2_Hidrogenio_verde.pdf. Acesso em: 13 fev. 2025.

FUNDAÇÃO ELLEN MACARTHUR. *Economia Circular*. Disponível em: <https://ellenmacarthurfoundation.org>. Acesso em: 14 fev. 2025.

PLATAFORMA DA INDÚSTRIA VERDE. *Economia Circular*. Disponível em: <https://www.greenindustryplatform.org/pt/theme/s/circular-economy>. Acesso em: 13 fev. 2025.

BARD, A. J.; FAULKNER, L. R. *Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications*. New Delhi: Wiley India Ltd, 2006.

COMPTON, Richard G.; BANKS, Craig E. *Understanding Voltammetry*. 2. ed. London: Imperial College Press, 2011.

SANTOS, F. D.; PEREIRA, R. F. *Aplicações da Voltametria Cíclica na Caracterização de Materiais Eletroativos*. Química Nova, v. 44, n. 3, p. 287-295, 2021.

WAGNER, M.; HORST, J. *Voltametria Linear e suas Aplicações na Análise Eletroquímica*. Revista Brasileira de Eletroquímica, v. 15, n. 2, p. 85-97, 2022.

PERLES, C. E. *Propriedades físico-químicas relacionadas ao desenvolvimento de membranas de Nafion® para aplicações em células a combustível do tipo PEMFC*. Polímeros, v. 18, n. 4, p. 281-288, 2008.