

Desenvolvimento de eletrodos de difusão gasosa modificados com ftalocianina de prata aplicado para eletrogeração de H₂O₂

Pedro Henrique Fattori

Isabela Fiori Araújo

Marcos Roberto de Vasconcelos Lanza

Universidade de São Paulo
Instituto de Química de São Carlos

pedro.fattori@usp.br

Objetivos

Avaliar a atividade eletrocatalítica e seletividade para a formação de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) a partir da Reação de Redução de Oxigênio em meios ácido e alcalino, utilizando eletrodos de carbono Printex-L6 (CPL6) modificados com diferentes porcentagens de ftalocianina de prata (Ft-Ag). A partir da determinação das condições otimizadas para esses eletrocatalisadores, foram confeccionados eletrodos de difusão gasosa (EDG) visando a aplicação no processo de eletrogeração de H₂O₂ in situ.

Métodos e Procedimentos

O estudo foi conduzido em diferentes condições de pH (3 e 9) utilizando o CPL6 não modificado e modificado com 0,5, 1 e 1,5% de AgFC (m:m%). A performance eletrocatalítica dos modificadores foi investigada através das técnicas de voltametria cíclica e linear em diferentes velocidades de rotação usando um eletrodo disco-anel rotatório (RRDE). A partir dos valores de corrente registrados pelo RRDE foi possível determinar a seletividade para formação de peróxido apresentada por cada eletrocatalisador durante a reação de redução de oxigênio (RRO) em ambos os meios. A

condição otimizada de modificação foi aplicada para confecção de eletrodos de difusão gasosa por método de dispersão coloidal utilizando prensa hidráulica. Os EDG sintetizados foram aplicados para eletrogeração in situ de H₂O₂ aplicando diferente potenciais de redução durante 90 minutos. O oxidante produzido foi quantificado por espectroscopia UV-Vis, empregando-se o método de complexação com solução de molibdato de amônio [(NH₄)₆Mo₇O₂₄], o que permitiu determinar a produção de peróxido e, consequentemente, a eficácia dos eletrocatalisadores.

Resultados

As análises utilizando RRDE evidenciaram que a modificação do CPL6 com Ft-Ag promoveu melhoria no desempenho eletrocatalítico para a RRO em comparação ao material não modificado, e meio ácido (pH 3,0), a seletividade para formação de H₂O₂ aumentou de 75% para 90,3% com a incorporação de 0,5% de Ft-Ag, enquanto em meio alcalino (pH 9,0) o valor passou de 90% para 97,5% na presença de 1% de Ft-Ag. Com base nesses resultados, eletrodos de difusão gasosa foram confeccionados a partir das concentrações otimizadas de modificador e de CPL6 e submetidos a eletrogeração. O EDG modificado

foi mais eficiente em condição básica produzindo 599 mg L^{-1} de H_2O_2 ao aplicar -2,5 V de potencial, enquanto em meio ácido obteve-se apenas 440 mg L^{-1} ao aplicar o mesmo potencial. Entretanto, a quantidade de H_2O_2 eletrogerado utilizando os EDG modificados com Ft-Ag foi consideravelmente baixa se comparadas ao CPL6 não modificado. A adição de ácido salicílico ao eletrólito, o qual atua como scavenger capturando radicais OH^\bullet , permitiu verificar que eletrodos contendo Ag na composição atuam como catalisadores heterogêneos, formando inicialmente H_2O_2 que rapidamente é convertido a OH^\bullet . A formação dos radicais OH^\bullet leva à diminuição do H_2O_2 em solução e por isso os resultados de eletrogeração foram inferiores aos obtidos pelo CPL6.

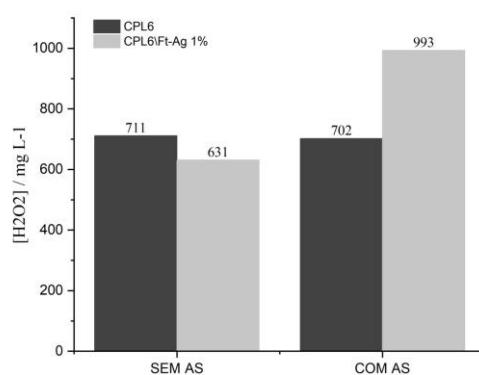


Figura 1: Eletrogeração de H_2O_2 in situ com os EDG de CPL6 não modificado e modificado com 1% de Ft-Ag, avaliada na ausência e presença de ácido salicílico como scavenger de radicais OH^\bullet .

Conclusões

A modificação do CPL6 com porcentagens específicas de Ft-Ag mostrou eficiência eletrocatalítica para a RRO tanto em meio ácido quanto em meio alcalino, o material apresentou seletividade para a via de 2 elétrons, promovendo a produção in situ de

H_2O_2 . Contudo, essa espécie foi rapidamente convertida em radicais OH^\bullet , evidenciando o papel da Ft-Ag como catalisador heterogêneo. Dessa forma, o sistema apresenta potencial aplicação na degradação de poluentes emergentes e na remoção de contaminantes em águas residuais. Os autores declararam não haver conflito de interesses.

O autor A concebeu e realizou o estudo. Autor B planejou o estudo. Autor C participou revisão final do manuscrito. Todos os autores aprovaram a versão final do resumo.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao projeto FAPESP #2025/06378-2 e #2022/12895-1 pelo financiamento do projeto de pesquisa.

Referências

- Wang, N.; Ma, S.; Zuo, P.; Duan, J.; Hou, B. Recent Progress of Electrochemical Production of Hydrogen Peroxide by Two-Electron Oxygen Reduction Reaction. *Adv. Sci.* 8, 1–26 (2021).
- Cordeiro-Junior, P. J. M.; Gonçalves, R.; Guaraldo, T. T.; da Silva Paiva, R.; Pereira, E. C.; Lanza, M. R. V. Oxygen reduction reaction: Semi-empirical quantum mechanical and electrochemical study of Printex L6 carbon black. *Carbon N. Y.* 156, 1–9 (2020).
- Reis, R. M.; Valim, R. B.; Rocha, R. S.; Lima, A. S.; Castro, P. S.; Bertotti, M.; Lanza, M. R. V. The use of copper and cobalt phthalocyanines as electrocatalysts for the oxygen reduction reaction in acid medium. *Electrochim. Acta* 139, 1–6 (2014)