cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

Nanocatalisadores de liga PtCo Suportados em Óxido de Grafeno Reduzido para Aplicações em Armazenamento de Energia

Maria Iaponeide Fernandes Macêdo, Elaine Barros da Silva, Carolina Gonçalves dos Santos, Bruno de Souza Melo, Letícia Brito Sabadim, Ana Aparecida Alves da Silva Maria, Eliel de Amorim Camilo, Stefane Vieira de Andrade, André da Silva Barbosa, Alexsandro da Silva Carneiro Junior, Paula de Castro Brasil, Neyda de la Caridad Om Tapanes

Laboratório de Processos Industriais e Nanotecnologia - LPIN, Universidade do Estado do Rio de Janeiro-UERJ <maria.macedo@uerj.br>

Introdução

A busca por dispositivos de conversão e armazenamento de energia mais eficientes, como as células a combustível, demanda o desenvolvimento de eletrocatalisadores com alta atividade e durabilidade. Nesse contexto, a platina (Pt) é amplamente utilizada como catalisador de referência, porém seu alto custo e sua tendência à aglomeração limitam a comercialização desses dispositivos. Assim, a utilização de ligas bimetálicas, como PtCo, associadas a suportes carbonáceos avançados, como o óxido de grafeno reduzido (RGO), surge como uma estratégia promissora para otimizar a atividade específica, melhorar a estabilidade eletroquímica e reduzir o carregamento de metal nobre.

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo sintetizar e caracterizar o catalisador PtCo/RGO, bem como avaliar sua atividade eletrocatalítica e estabilidade eletroquímica na reação de oxidação do metanol.

Objetivos

Sintetizar e caracterizar o nanocatalisador PtCo/RGO, avaliando suas propriedades estruturais e seu desempenho eletroquímico na reação de oxidação do metanol, visando sua aplicação em tecnologias de conversão de energia.

Metodologia

1.Síntese do óxido de grafeno (GO)
Oxidação do grafite em flocos pelo método de Hummers modificação.

↓

2.Obtenção do óxido de grafeno reduzido (RGO)
Redução química do GO com borohidreto de sódio ($NaBH_4$), sob fluxo a 80 °C por 4 h.

↓

3. Síntese do nanocatalisador PtCo/RGO
Dispersão do rGO em etilenoglicol, adição dos precursores de Pt e Co na proporção atômica 3:1 e aquecimento sob fluxo a 130 °C por 3 h.

↓

4. Tratamento térmico
Secagem a vácuo a 60 °C por 12 h, seguida de tratamento a 500 °C por 2 h em atmosfera redutora de H2/N2.

↓

5. Caracterização dos Materiais
DRX, FTIR, RAMAN, FESEM, EDS, TEM, área superficial específica e condutividade elétrica.

↓

6. Avaliação eletroquímica
Voltametria cíclica, cronoamperometria e cronopotenciometria, com comparação entre PtCo/RGO e Pt/RGO.

Resultados e Discussão

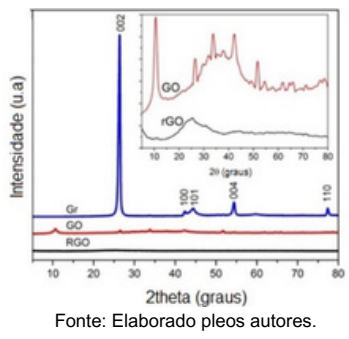
Os materiais sintetizados foram caracterizados por técnicas estruturais, morfológicas e espectroscópicas, além de ensaios eletroquímicos.

Tabela 1. Valores das condutividades elétricas e das áreas superficiais do grafite, GO e RGO.

Material	Condutividade elétrica (S/m)	Área superficial específica (m^2/g)
Grafite	$7{,}1 \times 10^{4}$	10
GO	$1{,}2 \times 10^{-2}$	190
rGO	$6{,}2 \times 10^{3}$	320

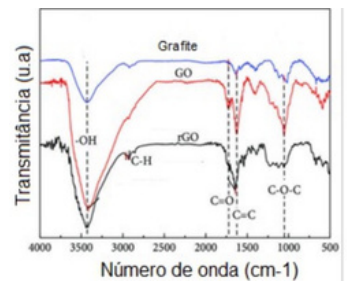
Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 1. Difratogramas de Raios X do Grafite, GO e RGO.



Fonte: Elaborado pleos autores.

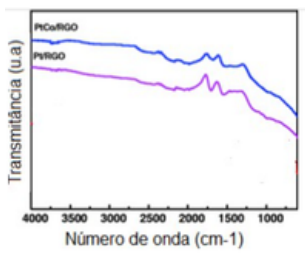
Figura 2. Espectros FTIR do Grafite, GO e RGO.



Fonte: Elaborado pleos autores.

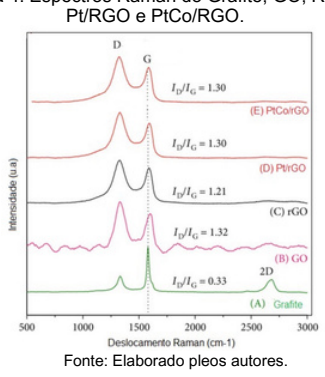
O DRX e o FTIR confirmaram alterações estruturais e a incorporação de grupos oxigenados no GO. Após a redução, o RGO apresentou recuperação parcial da estrutura grafítica e da condutividade elétrica, além de maior área superficial (320 m^2/g), favorável à aplicação como suporte catalítico.

Figura 3. Espectros FTIR do Pt/RGO e PtCo/RGO.



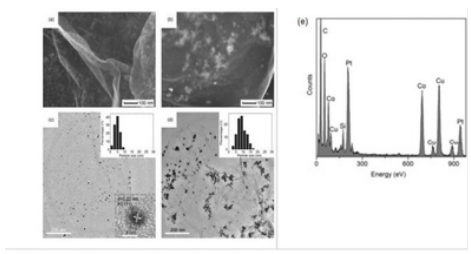
Fonte: Elaborado pleos autores.

Figura 4. Espectros Raman do Grafite, GO, RGO, Pt/RGO e PtCo/RGO.



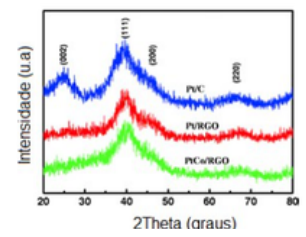
Fonte: Elaborado pleos autores.

Figura 5. Imagens de FESEM de (a) Pt/RGO e (b) PtCo/RGO; Imagens TEM e histogramas da distribuição de partículas de (c) Pt/RGO, (d) PtCo/RO e (e) espectro de EDX PtCo/RGO.



Fonte: Elaborado pleos autores.

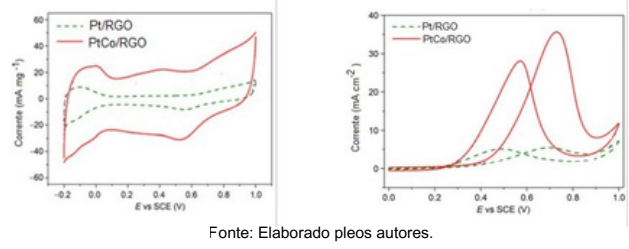
Figura 6. DRX dos catalisadores Pt/RGO, PtCo/RGO e do Pt/C para comparação.



Fonte: Elaborado pleos autores.

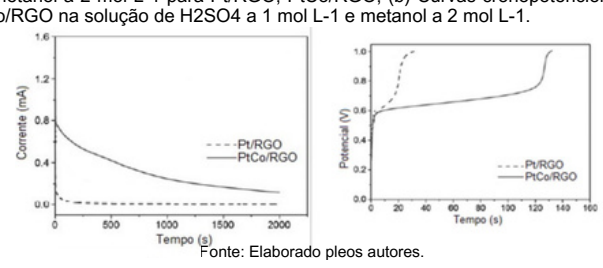
O FTIR indicou a redução dos grupos oxigenados após a deposição dos metais. O Raman evidenciou aumento da desordem estrutural e recuperação parcial da organização grafítica após a redução. As análises por MEV, MET e EDX mostraram nanopartículas distribuídas sobre o rGO, com presença de Pt e Co e tamanhos médios de 4,4 nm para Pt/RGO e 9,1 nm para PtCo/RGO. O DRX confirmou a deposição e a formação da liga PtCo no suporte.

Figura 7. (a) CVs de Pt/RGO, PtCo/RGO em solução de H2SO4 1 mol L-1 a uma taxa de varredura de 20 mV s-1 entre -0,2 e 1,0 V vs. SCE. (b) CVs de Pt/RGO, PtCo/RGO em solução de H_2SO_4 1mol L-1 e 2 mol L-1 de metanol a uma taxa de varredura de 20 mV s-1 entre 0 e 1,0 V vs. SCE.



Fonte: Elaborado pleos autores.

Figura 8. (a) Resposta cronoamperométrica registrada a 0,5 V (vs. SCE) em solução de H_2SO_4 a 1 mol L-1 e metanol a 2 mol L-1 para Pt/RGO, PtCo/RGO, (b) Curvas cronopotenciométricas de Pt/RGO, PtCo/RGO na solução de H2SO4 a 1 mol L-1 e metanol a 2 mol L-1.



Fonte: Elaborado pleos autores.

O PtCo/rGO apresentou maior ECSA (75,8 m^2/g), maior densidade de corrente e melhor tolerância ao envenenamento por intermediários, em comparação ao Pt/RGO. Nos ensaios de estabilidade, manteve maior corrente após 2000 s e maior tempo até o salto de potencial (120 s, contra 20 s), indicando melhor desempenho eletrocatalítico na oxidação do metanol.

Conclusões

O catalisador PtCo/RGO apresentou melhor desempenho eletrocatalítico na oxidação do metanol, com maior área superficial eletroquimicamente ativa, maior densidade de corrente e melhor tolerância ao envenenamento por intermediários em comparação ao Pt/RGO. A maior corrente mantida após 2000 s reforça sua estabilidade nas condições avaliadas, evidenciando seu potencial para aplicações em conversão de energia.

Referências e Agradecimentos

MACÊDO, Maria Iaponeide Fernandes et al. Desenvolvimento de eletrocatalisadores bimetálicos PtCo suportados em óxido de grafeno reduzido para oxidação direta do metanol. Tópicos, 28 ago. 2026. DOI: https://doi.org/10.70773/revistatopicos/787893919

MATOS, Bruno de Souza et al. Grafeno: da descoberta às novas aplicações e sustentabilidade na indústria 4.0. São Paulo: Editora Atena, 2026. cap. 7, p. 96–138. DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.93911262101

XU, Xing-Liang; XU, Liang; WATANABE, Isao; XIAO, Lingbo; LI, Xing'ao. Electrocatalysis and photoelectrocatalysis: perspective from physicochemical mechanisms to applications. ACS Omega, v. 11, n. 32, p. 47164–47202, 2026. DOI: https://doi.org/10.1021/acsomega.6c04248.

Agradecimento a UERJ pela Bolsa de Prociência da MIFM (2024-2027)