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

Preparação e Modificação de Membranas de Celulose Bacteriana para Aplicação em Dispositivos de Conversão de Energia

Rafael Cortês Brandão; Nizamara Simenremis Pereira; Noberto Fontenele Frota; Rodrigo Arbey Muñoz Meneses; Sérgio Paulo Amaral Souto; Rodolfo Andrade Breves; Ritamara Isis de Mattos; Roseany de Vasconcelos Vieira Lopes[1]

[1]Universidade de Brasília (UnB/FCTE); [2]Instituto Federal de Brasília (IFB/Gama); [3]Universidade de São Paulo (USP/FZEA)

Introdução

O Nafion®, membrana de referência em células a combustível PEM, tem custo elevado, é de origem fluorada e perde desempenho em baixa umidade. A celulose bacteriana (CB), subproduto da fermentação da kombucha, é renovável, forma-se diretamente como membrana e retém até 99% de água, o que favorece o transporte de prótons; porém, a CB pura tem baixa condutividade iônica (YANG *et al.*, 2024).

Objetivos

Produzir membranas de CB por fermentação de kombucha, modificá-las *in situ* com glicerol, PEG e PVA e avaliar o efeito de cada modificador por meio da estrutura química (FTIR), da estabilidade térmica (TG/DTG) e da condutividade iônica (EIS).

Metodologia

A Figura 1 apresenta o processo de obtenção da celulose bacteriana (CB).

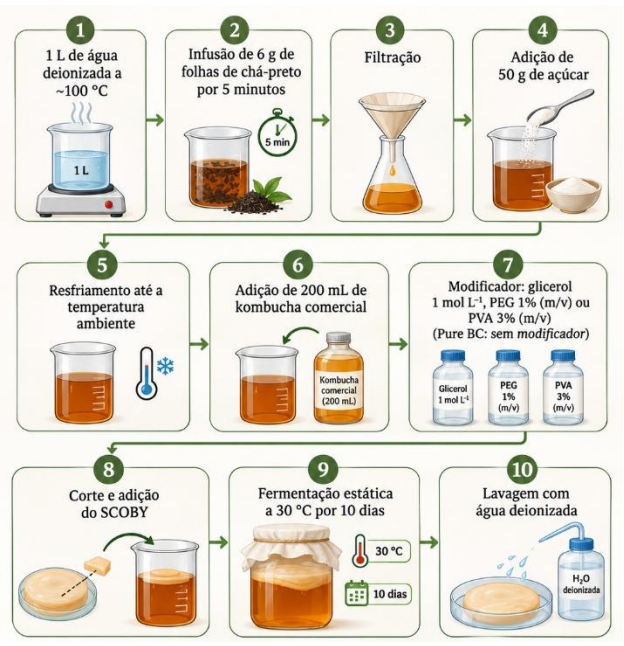


Figura 1. Processo de obtenção da CB.

Resultados e Discussão

A Figura 2 apresenta os espectros de FTIR de todas as amostras, as quais exibem as bandas características da CB pura: O–H (3345 cm^{-1}), C–H (2920 cm^{-1}), H_2O adsorvida (1644 cm^{-1}) e C–O–C glicosídica (1162–1056 cm^{-1}). A CB com glicerol não alterou o espectro, por ter os mesmos grupos da CB pura; na CB/PEG, a banda C–O–C (1057 cm^{-1}) foi intensificada. Na CB/PVA, o alargamento da banda O–H indica ligações de hidrogênio CB–PVA, e as bandas em 1734 e 895 cm^{-1} confirmam a presença do PVA (QIU; NETRAVALI, 2012).

A Figura 3 apresenta as curvas TG de todas as membranas de CB. Foi verificado um evento expressivo de desidratação até 130 °C, onde as membranas perderam 94–96% de massa (água) e a CB/PVA, 82,0%. Entre 280-400°C ocorreu a degradação da celulose, com comportamento coerente com o relatado na literatura para membranas de CB modificadas.

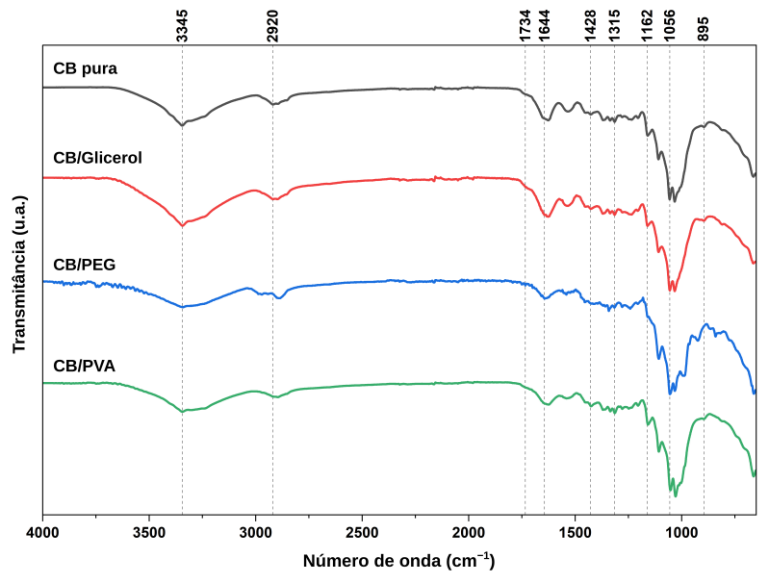


Figura 2. Espectros de FTIR das membranas.

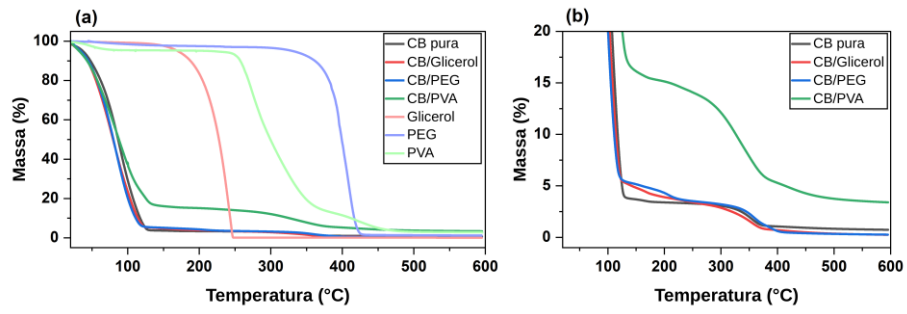


Figura 3. Curvas de TG das membranas de CB.

A Tabela 1 apresenta os resultados de EIS. Foi verificado que a CB/PVA apresentou a maior condutividade em toda a faixa de temperatura, seguida da CB/PEG, da CB pura e da CB/Glicerol. CB/PEG e CB/PVA elevaram σ em até uma ordem de grandeza a 23 °C. Os valores de E_a (0,03–0,24 eV), inferiores a 0,4 eV, são compatíveis com o mecanismo de Grotthuss (DE SALVI, 2010).

Tabela 1. Condutividade iônica (σ) a 23 e 73 °C e energia de ativação (E_a).

Amostra	σ 23 °C (S cm^{-1})	σ 73 °C (S cm^{-1})	E_a (eV)
CB pura	$1{,}44 \times 10^{-4}$	$5{,}21 \times 10^{-4}$	0,240[a]
CB/Glicerol	$1{,}93 \times 10^{-5}$	$4{,}41 \times 10^{-5}$	0,136
CB/PEG	$9{,}15 \times 10^{-4}$	$1{,}08 \times 10^{-3}$	0,028
CB/PVA	$1{,}18 \times 10^{-3}$	$1{,}89 \times 10^{-3}$	0,087

[a]Estimada com três temperaturas (23, 63 e 73 °C); valor indicativo.

Conclusões

A análise por FTIR confirmou a incorporação *in situ* dos modificadores. Por TG/DTG verificou-se que as membranas são estáveis até aproximadamente 300 °C. As medidas de condutividade iônica obtidas por EIS revelaram que todas as membranas apresentam caráter condutor iônico, com valores na faixa de 10^{-5} a 10^{-3} S/cm, compatíveis com os reportados na literatura para membranas de CB não funcionalizadas, sendo que o PVA foi o modificador mais eficaz (σ de até $1{,}89 \times 10^{-3}$ S cm^{-1} a 73 °C), com transporte compatível com o mecanismo de Grotthuss.

Referências e Agradecimentos

DE SALVI, D. T. B. **Membranas condutoras iônicas de celulose bacteriana**. 2010. Dissertação (Mestrado em Química) – Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2010.

QIU, K.; NETRAVALI, A. N. Bacterial cellulose-based membrane-like biodegradable composites using cross-linked and noncross-linked polyvinyl alcohol. **Journal of Materials Science**, v. 47, n. 16, p. 6066-6075, 2012.

SILVA, P. J. *et al.* Celulose bacteriana de cultura simbiótica de bactérias e leveduras (SCOBY). In: **Ciência e tecnologia de alimentos**: o avanço da ciência no Brasil. Barueri: Editora Científica Digital, 2023. v. 4, p. 64-75.

YANG, X. *et al.* A sustainable and eco-friendly membrane for PEM fuel cells using bacterial cellulose. **Polymers**, v. 16, n. 21, p. 3017, 2024.

Agradecimentos: Laboratório de Química e Laboratório de Análise Instrumental da FCTE/UnB e Profa. Sandra Maria da Luz (análises térmicas).