CARACTERIZAÇÃO MICROESTRUTUAL DE PARTICULAS DE ZEOLITA

Lucas Campestrini; Marindia Decol; Marilena Valadares Folgueras; Daniela Becker

INTRODUÇÃO

Os nanocompósitos poliméricos surgem como uma alternativa promissora às embalagens multicamadas convencionais, cuja complexidade estrutural dificulta os processos de reciclagem. Ao integrar nanopartículas em uma única matriz polimérica, é possível conferir propriedades de barreira, mecânicas e térmicas otimizadas, permitindo o desenvolvimento de soluções de alto desempenho e sustentáveis [1]. A maior fatia do mercado de materiais de embalagem pertence aos polímeros termoplásticos, especialmente as poliolefinas, como o polietileno de baixa densidade (PEBD), que possui excelente resistência química, alta tenacidade, boa selagem térmica e baixa absorção de umidade. Contudo, o PEBD apresenta uma alta taxa de transmissão de oxigênio (OTR), o que é prejudicial para o acondicionamento de itens perecíveis, fornecendo propriedades de barreira inadequadas a menos que sejam tratados com aditivos [1,2]. Portanto, este trabalho tem como objetivo investigar o uso de zeólitas como aditivos para melhorar as propriedades de barreira ao oxigênio no PEBD, fundamentando-se na caracterização microestrutural para viabilizar sua aplicação.

DESENVOLVIMENTO

Para o desenvolvimento do estudo, foram utilizadas quatro zeólitas sintetizadas por meio de rotas químicas controladas (Z1, Z3, Z4, Z5) e uma zeólita comercial (Z2). A metodologia consistiu na caracterização microestrutural detalhada desses materiais para compreender sua morfologia e aplicabilidade na matriz polimérica. As técnicas empregadas incluíram a Difratometria de Raios X (DRX), Análise Térmica (TGA), medições de área superficial específica e porosimetria. Além disso, para a investigação da estrutura interna e superficial com alta resolução, utilizou-se a combinação de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), equipada com detector de Espectroscopia de Energia Dispersiva de Raios X (EDS), e Microscopia Eletrônica de Transmissão (TEM).

RESULTADOS

A análise microestrutural permitiu avaliar a composição, a morfologia, o tamanho dos cristais, a distribuição do tamanho das partículas, o grau de aglomeração e as características superficiais das zeólitas estudadas. Observou-se que parâmetros como o volume e a distribuição dos poros, a conectividade da rede e a área superficial específica influenciam diretamente a capacidade de adsorção e difusão das zeólitas, fatores essenciais para sua eficiência como aditivos inorgânicos em embalagens plásticas [2,3,4]. Os resultados demonstraram que, embora as técnicas de microscopia eletrônica não permitam a visualização direta dos microporos (com dimensões inferiores a 2 nm), é perfeitamente possível estabelecer relações entre as imagens obtidas e a área superficial e o tamanho de partícula determinados experimentalmente *(como pode ser observado na figura 1 e na tabela 1)* Ademais, a morfologia das partículas observada demonstrou uma correlação direta com o tipo de estrutura cristalina formada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A caracterização microestrutural combinada mostrou-se uma ferramenta essencial para o estudo das zeólitas, permitindo correlacionar suas propriedades morfológicas e cristalográficas com o potencial de desempenho em matrizes poliméricas. A partir das relações estabelecidas entre a área superficial, o tamanho das partículas e a morfologia, conclui-se que é possível definir e otimizar procedimentos de funcionalização. Isso garantirá a maximização da performance desses aluminossilicatos microporosos quando dispersos no polietileno de baixa densidade (PEBD), consolidando-os como aditivos viáveis para o desenvolvimento de embalagens mais sustentáveis e com excelentes propriedades de barreira.

Palavras-chave: nanocompósitos poliméricos; polietileno de baixa densidade; zeólitas; microscopia eletrônica; propriedades de barreira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. FORNARO, M. et al. *Polymer*, v. 16, p. 3399, 2024.
2. HOSSEINNIA, M. et al. *Journal of Vinyl and Additive Technology*, v. 30, p. 363, 2024.
3. KORDALA, N. et al. *Molecules*, v. 29, p. 1069, 2024.
4. SARFRAZ, J. et al. *Nanomaterials*, v. 11, p. 1, 2020.
5. Esta pesquisa contou com o apoio da FAPESC (edital 35/2025). Os autores agradecem à infraestrutura da Central Multiusuário do Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade do Estado de Santa Catarina. Os autores agradecem a Meiry Gláucia Freire Rodrigues (UFCA).

Tabela 1. *Resultados do DRX, TGA, medições de área superficial e análises por EDS para as zeólitas.*

Ref.	DRX	Código IZA	Área (m^2/g)			TGA - Peso (%)		Si/Al
			Total	Microp.	Superfície	≤ 150 °C	150–300 °C	
Z 01	ZSM 5	MFI	439.95	262.36	177.6	7.77	0.87	37±4
Z 02	ZSM 5	MFI	405.5	297.78	107.72	37.65	1.65	16±2
Z 03	Mordenite	MOR	444.13	402.06	42.06	8.45	2.4	10±0.5
Z 04	Zeolite Y	FAU	808.79	766.17	42.63	12.56	13.22	2.74±0.07
Z 05	Zeolite L	LTL	324.6	307.01	17.59	7.63	3.86	3.25±0.05

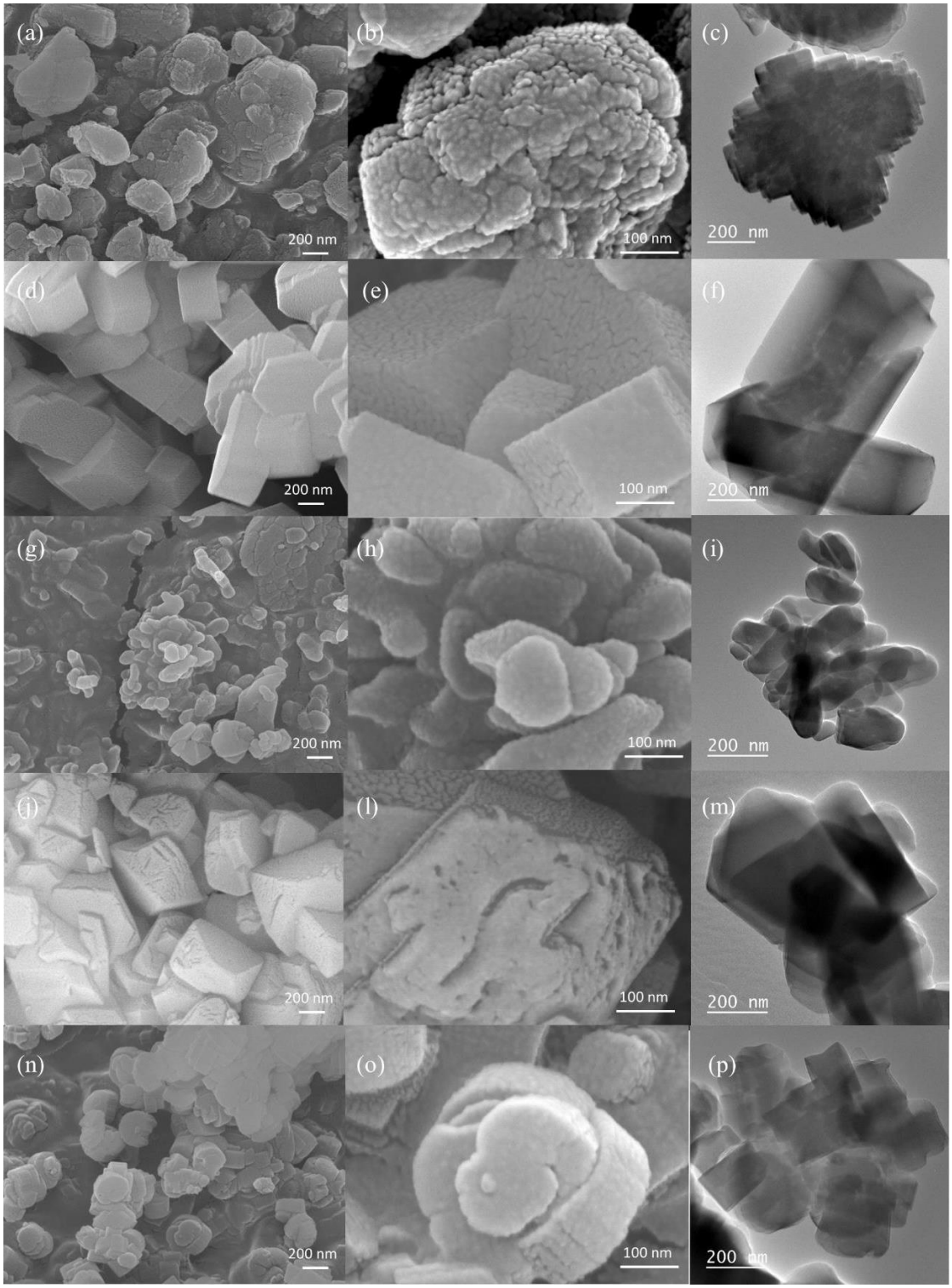


Figura 1. *Imagens de MEV e TEM dos cinco tipos de zeólitas estudados. (a,b,c) Z1; (d,e,f) Z2; (g,h,i) Z3; (j,l,m) Z4; (n,o,p) Z5.*