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

Desenvolvimento de MARE híbrido baseado em nanopartículas de Zn derivadas de MOF e Ferrocarbonila para redução da seção reta de radar (RCS) na banda X

Vitor M. Yamamoto[1]; Fernanda Ribeiro Freitas [1]; Thiago Ferreira Claudiano[1]; Mayara M. Boaro[2]; Felipe M. Gaia[2]; Giovana S. Cembranelli[2]; Felipe M. Yamamoto[3]; Braulio H. K. Lopes[2]; Maria Tereza Fabbro[1]; Maurício R. Baldan[3].
1. Instituto Federal de São Paulo – IFSP;
2. Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP; 3. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE;

Introdução

A tecnologia stealth desempenha um papel estratégico no setor aeroespacial e de defesa, buscando reduzir a detecção de aeronaves por sistemas de radar por meio da diminuição da Seção Reta Radar (RCS). Nesse contexto, os Materiais Absorvedores de Radiação Eletromagnética (MARE) destacam-se por sua capacidade de atenuar ondas eletromagnéticas incidentes, contribuindo para a redução da reflexão do sinal.
Entretanto, o desenvolvimento de absorvedores eficientes e de baixa espessura permanece um desafio tecnológico. Assim, este trabalho propõe o desenvolvimento de um compósito híbrido constituído por ferrocarbonila (FC) e partículas derivadas de Metal-Organic Frameworks (MOFs), dispersas em uma matriz de silicone, visando melhorar a atenuação eletromagnética na banda X (8,2–12,4 GHz) e reduzir a espessura do material para possíveis aplicações em tecnologias de redução da assinatura radar.

Metodologia

Materiais

Materiais
Ferrocarbonila (FC)
Borracha de silicone - Redelease
Nanopartículas de Zinco

Tabela 1. Materiais utilizados

Métodos

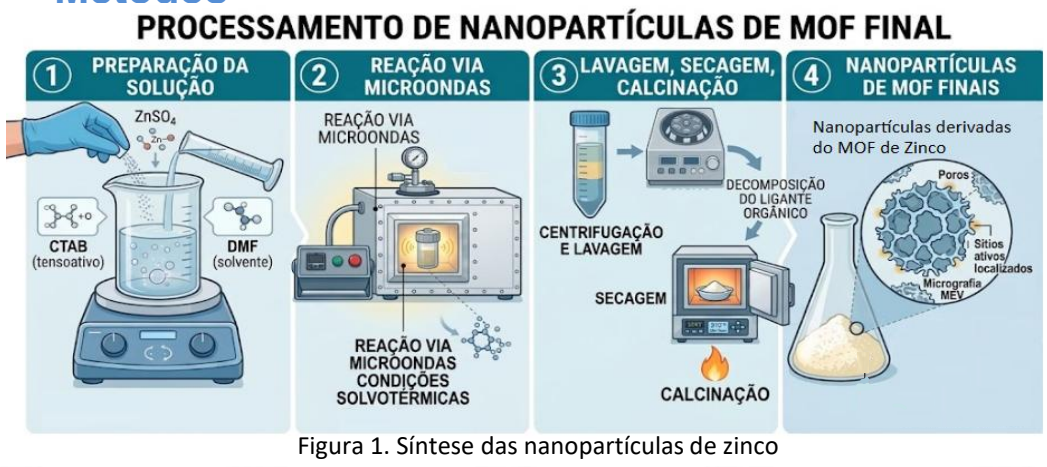


Figura 1. Síntese das nanopartículas de zinco

Amostra	Composição
1	60% FC
2	60% FC + 5% ZnO

Tabela 2. Composição das amostras



Figura 2. Processamento das Amostras

Resultados e discussão

Caracterização do ZnO



Figura 3. Imagem MEV das nanopartículas de zinco

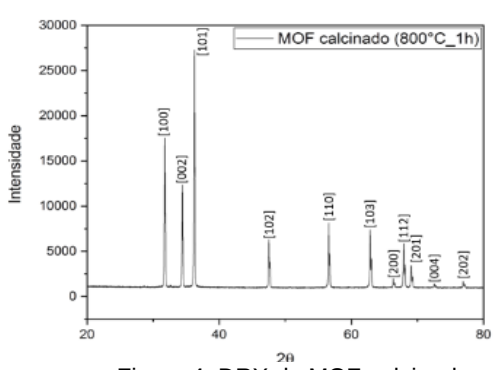


Figura 4. DRX do MOF calcinado

Caracterização eletromagnética

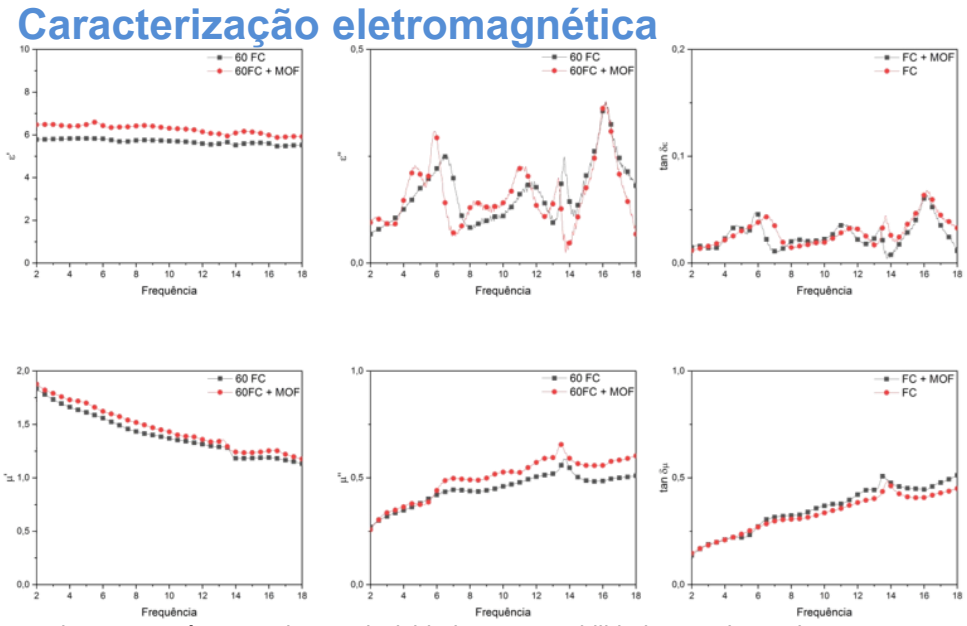


Figura 5. Parâmetros de permissividade e permeabilidade complexas das amostras

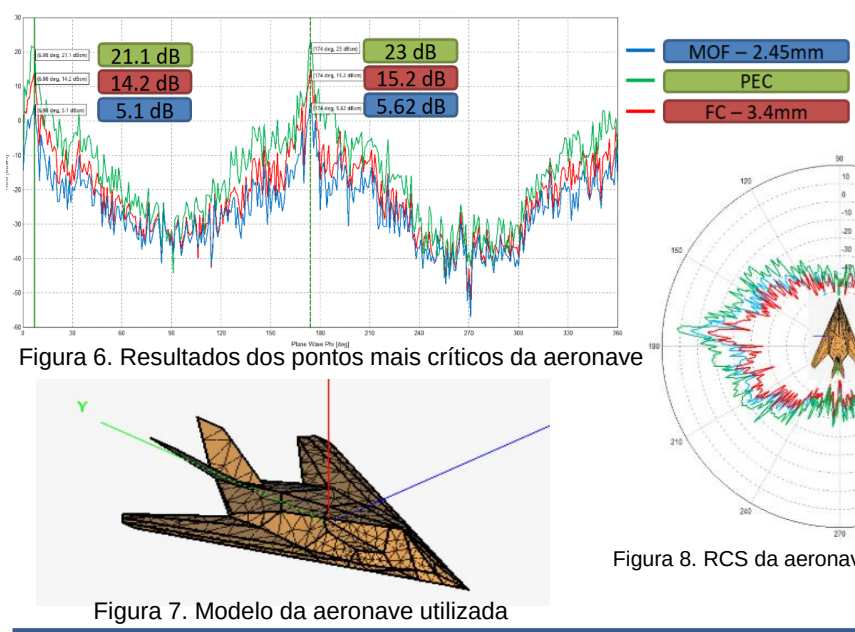


Figura 6. Resultados dos pontos mais críticos da aeronave

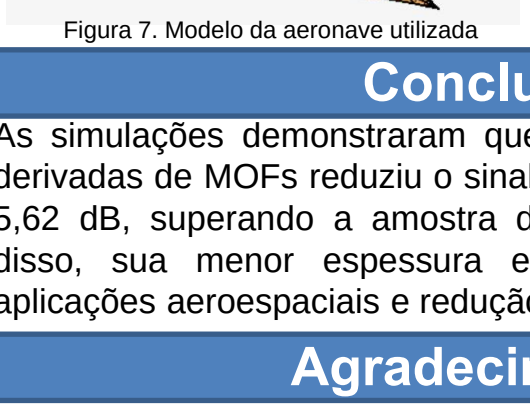


Figura 7. Modelo da aeronave utilizada

Figura 8. RCS da aeronave com e sem MARE

Conclusão

As simulações demonstraram que o compósito com partículas derivadas de MOFs reduziu o sinal refletido de 23 dB (PEC) para 5,62 dB, superando a amostra de referência (15,2 dB). Além disso, sua menor espessura evidencia seu potencial para aplicações aeroespaciais e redução da assinatura radar.

Agradecimentos

Finep INOVAÇÃO E PESQUISA
CNPq Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
SIEMENS
UNIFESP UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO

Referências

YAMAMOTO, Felipe M. et al. Síntese de nanopartículas de óxidos de Fe, Co e Ni derivadas de estrutura metalorgânica (MOF) e sua combinação com ferro carbonil para aplicação na banda K de frequências como material absorvedor de micro-ondas. **Journal of Materials Science: Materials in Electronics** , v. 37, n. 7, p. 504, 2026.
GAO, Zhenguo et al. Princípios de design em materiais de absorção de ondas eletromagnéticas derivados de MOF: Revisão e perspectiva. **International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials** , v. 30, n. 3, p. 405-427, 2023.
FAN, Xiao-Xuan et al. Materiais de absorção de ondas eletromagnéticas de alto desempenho baseados em MOF: projeto e otimização de desempenho. **Materials Chemistry Frontiers** , v. 9, n. 3, p. 403-417, 2025.