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

Desenvolvimento e caracterização eletromagnética de compósitos híbridos de silicone com adição de ferro alfa e nanotubos de carbono.

Mayara M. Boaro[1]; Felipe M. Gaia[1] ; Vitor M. Yamamoto[3]; Felipe M. Yamamoto[2]; Giovana S. Cembranelli[1]; Braulio H. K. Lopes[1]; Mirabel C. Rezende[1]; Maurício R. Baldan[2]; Eduardo Antonelli[1]; Fabio R. Passador[1]

1. Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP; 2. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE;
3. Instituto Federal de São Paulo – IFSP

Introdução

A crescente utilização de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) em missões estratégicas exige o aprimoramento contínuo das tecnologias de furtividade (*stealth*). Nesse cenário, a aplicação de materiais absorvedores de radiação eletromagnética (MARE) é fundamental para dificultar o rastreio dessas aeronaves por radares de alta resolução. Focado nessa necessidade, este trabalho desenvolve um compósito híbrido absorvedor para a Banda Ka (26,5 a 40 GHz) focado na banda central (33,25 GHz), visando o uso estrutural em drones. O material utiliza uma matriz de silicone, escolhida por sua leveza e flexibilidade aerodinâmica, aditivada com ferro alfa e nanotubos de carbono (NTC). A combinação busca unir a viabilidade econômica e as perdas magnéticas do ferro ao ganho de condutividade elétrica dos NTCs, criando uma estrutura otimizada para atenuar sinais com máxima eficiência.

Metodologia

Materiais

Tabela 1.

Material	Fornecedor
Borracha de Silicone	Redelease
Ferrita Ferro-Alfa	SONTAG S.A. - Brasil
Nanotubos de Carbono (NTC)	NANOCYL S.A. - Brasil

Tabela 2.

Amostra	Concentração em massa
1	30% Ferro-Alfa
2	40% Ferro-Alfa
3	50% Ferro-Alfa
4	60% Ferro-Alfa
5	30% Ferro-Alfa + 1% NTC
6	40% Ferro-Alfa + 1% NTC
7	50% Ferro-Alfa + 1% NTC

Métodos

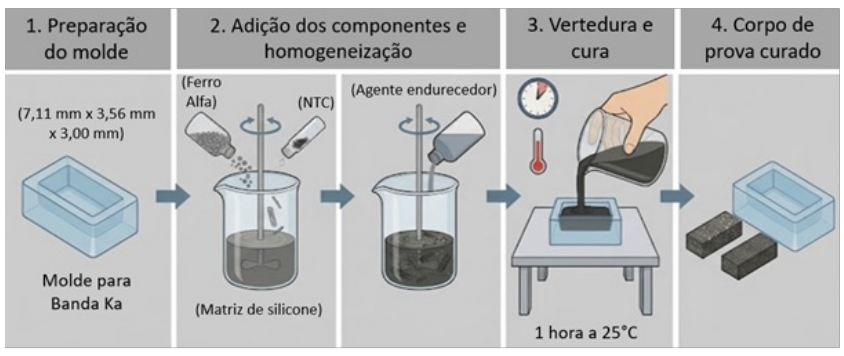


Figura 1. Processamento do compósito

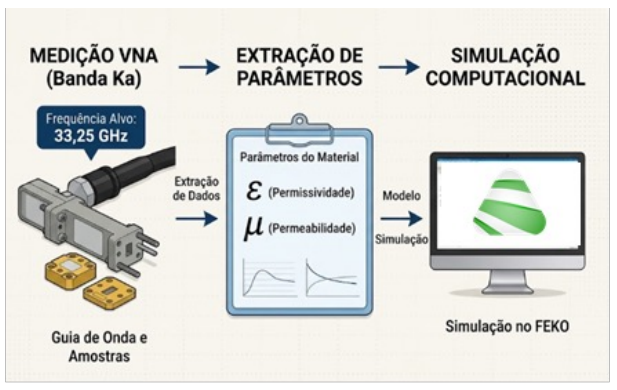


Figura 2. Imagem ilustrativa da caracterização eletromagnética

Resultados e Discussões

Caracterização Física e Eletromagnética

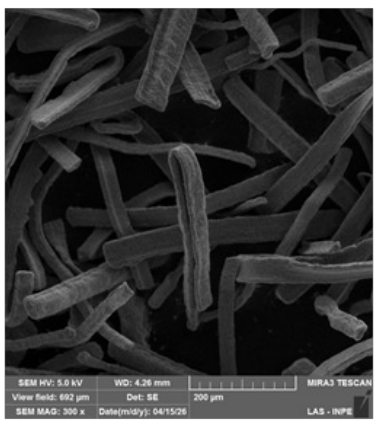


Figura 3. Imagem MEV do ferro-alfa

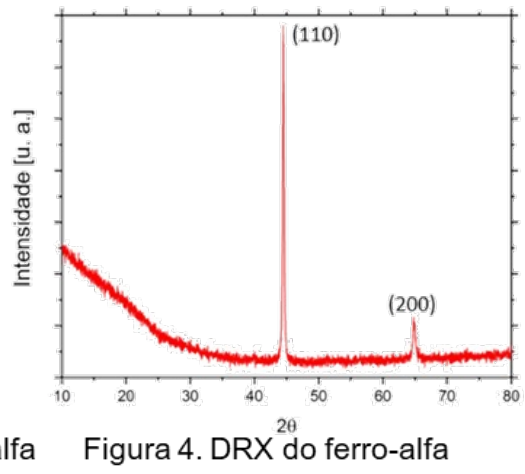


Figura 4. DRX do ferro-alfa

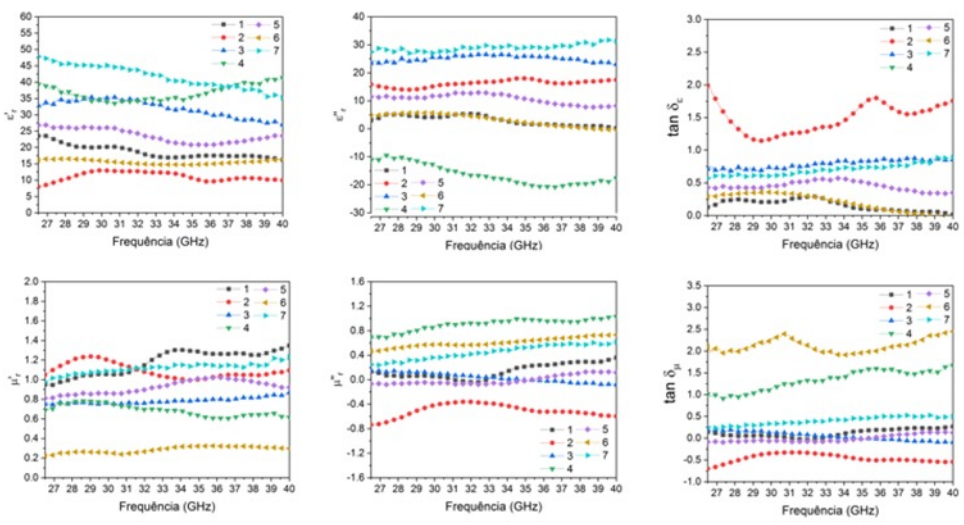


Figura 5. Parâmetros de permissividade e permeabilidade complexas do compósito.

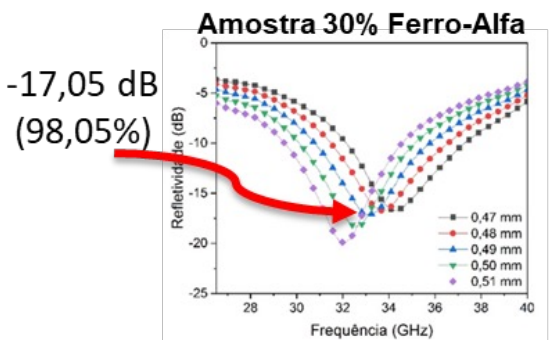


Figura 6. Melhores atenuações da amostra 1 em diferentes espessuras.

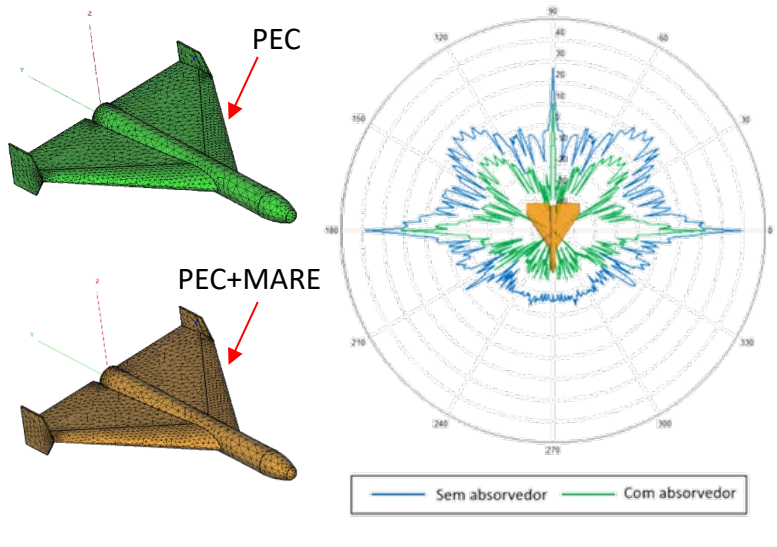


Figura 7. RCS do drone com e sem a adição do absorvedor.

Conclusões

O compósito híbrido avaliado demonstrou alta eficiência de atenuação e viabilidade prática para integração estrutural. A notável capacidade de absorção de 98,03%, aliada às propriedades físicas vantajosas do silicone, oferece uma solução e de alto desempenho para o aprimoramento de tecnologias *stealth* aplicadas a VANTs.

Agradecimentos

CNPq Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
Finep INOVAÇÃO E PESQUISA
SIEMENS
INPE

Referências

- ALMEIDA, R. G.; COSTA, F. R.; SANTOS, M. P. Materiais absorvedores de radiação eletromagnética baseados em matrizes elastoméricas para aplicações stealth em veículos aéreos não tripulados. Journal of Aerospace Technology and Management, v. 17, e1425, p. 1-14, 2025.
- WANG, J.; ZHAO, L.; LI, X. Electromagnetic wave absorption properties of hybrid silicone composites containing carbon nanotubes and alpha-iron particles in the Ka-band. Composites Part B: Engineering, Oxford, v. 301, 112345, 2026.
- SOUZA, M. T.; FERREIRA, L. C. Avaliação da seção reta de radar (RCS) em superfícies aerodinâmicas mediante simulação computacional de compósitos absorvedores. Journal of Microwaves, Optoelectronics and Electromagnetic Applications, v. 25, n. 1, p. 45-59, 2026.