

# RADIATION-ABSORBENT MATERIAL BASED ON A HYBRID FIBERGLASS COMPOSITE

Vinicius M. Freire<sup>1</sup>, Viviane L. Soethe<sup>1</sup>, Rafael G. Delatorre<sup>1</sup>, Moisés L. Parucker<sup>2</sup>

Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC<sup>1</sup>

Departamento de Materiais, Centro de Engenharias de Mobilidade – Joinville – SC

Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI<sup>2</sup>

Departamento de Materiais, Campus Itabira – Itajubá – MG

[viniciusmartinsfreire@gmail.com](mailto:viniciusmartinsfreire@gmail.com), [viviane.s@ufsc.br](mailto:viviane.s@ufsc.br), [rafael.delatorre@ufsc.br](mailto:rafael.delatorre@ufsc.br),  
[moises\\_parucker@hotmail.com](mailto:moises_parucker@hotmail.com).

**Abstract.** Radiation-Absorbent Material (RAM) are compounds that absorb incidental electromagnetic radiation and dissipate it as heat, effect explained by joule's law. The technologic knowledge generated by the research of this material, which is obtained through the combination of components such as substrates, fillers, and polymeric matrices, with adequate values of dielectric and magnetic properties, is decisive in the final application of a product, making them good absorbers of electromagnetic radiation. This paper approaches the preparation of absorber compound material of ferrite and titanium dioxide that have proven to be great absorbers by themselves, aiming to show whether this combination immersed in an epoxy matrix with fiberglass reinforcement may result in an even better material. A brief review of the materials that composes the polymeric resin samples with thickness of one millimeter approximately, if analyzed in the range of 8 to 12 GHz, show that the composite must absorb a larger amount of incident radiation than those observed separately in the particulates.

**Palavras-chave:** MARE, Dióxido de titânio, Óxido férrico.

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo Dias e Nohara [1,2], materiais absorvedores de radiação eletromagnética (MARE) são materiais que possuem em sua composição compostos que proporcionam perdas de energia da radiação eletromagnética, em faixas de frequências estabelecidas. Estes materiais atenuam a radiação da onda incidente e transformam a energia absorvida em calor, por meio de mecanismos internos podendo ser do tipo magnéticos e/ou dielétricos. Esses mecanismos de perdas podem ser de naturezas física, química ou ambas.

O controle de interferência eletromagnética e a blindagem eletromagnética de alta frequência são muito utilizados, principalmente na área de telecomunicações (telefonia celular, sistemas de comunicação de navios, aeronaves e automóveis, etc.), segundo Ref. [2].

Já no setor militar, utiliza-se o material como revestimento, para atenuar a energia espalhada por um alvo (eco-radar), sendo esta energia utilizada para detecção de objetos por meio de radares. Assim, com o auxílio do material, o alvo torna-se mais difícil de ser detectado ou, como divulgado na literatura, “invisível” ao radar.

Kostikov [3] afirma que os compósitos poliméricos têm atraído muita atenção de inúmeros grupos de pesquisa, tanto pela importância científica em se entender os

novos fenômenos desses materiais mistos, quanto pelo potencial em aplicações tecnológicas.

O presente trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um material com capacidade absorvedora de radiação eletromagnética, principalmente na faixa micro-ondas de 8-12 GHz, com espessura da ordem de um milímetro, constituindo-se de um compósito polimérico de matriz epóxi e reforços de fibra de vidro aditivado com Óxido Férrico e Dióxido de Titânio, sob a fase Anatase.

Os materiais estudados foram analisados quanto a sua estrutura cristalina por meio de Difratomia de raios X (DRX) para avaliação dos componentes inseridos no compósito. Além disso, análises utilizando um analisador vetorial de redes acoplado a um guia de onda foram utilizadas para mensurar a absorção da radiação eletromagnética apresentada pelo material. Medidas de resistividade permitirão comparar a eficiência do material e relacionar este resultado com a absorção, enquanto que análises superficiais por meio de microscopia eletrônica de varredura possibilitaram observar o aspecto morfológico das amostras.

### 1.1 Tipos de Absorvedores

Segundo Rezende *et al.* e Gonçalves [4,5], os absorvedores são divididos, de acordo com a faixa de frequência na qual absorvem, em banda estreita ou ressonante: tipo N (“Narrow”), e banda larga, tipo W (“Wide”), respectivamente.

A Figura 1 apresenta curvas de absorção típicas, obtidas pelo uso destes dois tipos de absorvedores. Absorvedores do tipo N possuem apenas uma frequência ou pequena faixa na qual produzem efetiva atenuação. Por outro lado, os absorvedores do tipo W, atenuam em uma faixa mais ampla de frequência, como é possível observar nas figuras. A aplicabilidade destes absorvedores é dependente da banda na qual absorvem.

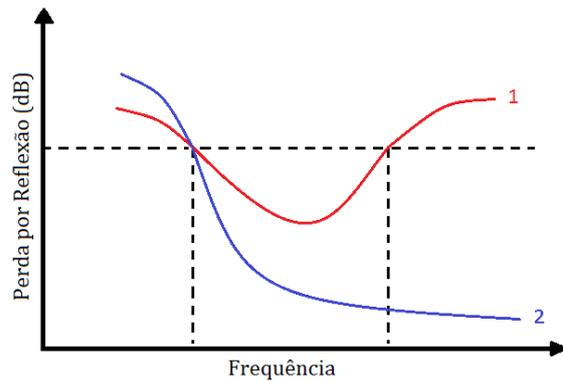


Figura 1. Curvas característica de absorção para absorvedores tipo N (1) e tipo W (2). Fonte: Faez *et al.* [6].

Ref. [6] afirmam que existem duas classes principais de absorvedores, os materiais densos compostos por uma única fase e os compostos por pelo menos duas fases (matriz e carga magnética e/ou dielétrica). Quando são compostos por partículas dielétricas e magnéticas, são chamados híbridos.

Em materiais de única fase, a absorção é, frequentemente, do tipo W, apresentando propriedades homogêneas com a incorporação de partículas magnéticas. Por outro lado, os materiais de duas ou mais fases, apresentam uma dispersão de carga com propriedades magnéticas ou dielétricas em uma matriz isolante. Essa dispersão altera as propriedades finais do material, influenciando a absorção apresentada pelo conjunto, segundo trabalho publicado pela Ref. [6].

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Materiais

Para a obtenção dos compósitos fez-se uso de resina epóxi, tecido bidirecional de fibra de vidro do tipo E, dióxido de titânio de fase anatase, cedida pela empresa IQBC – Produtos Químicos e óxido férrico cedido pelo Centro Tecnológico Aeronáutico (CTA).

### 2.2 Síntese do Compósito

Depois de pesados em uma balança de precisão, os materiais foram criteriosamente separados. Inicialmente, fez-se o preparo do compósito formado por um tecido bidirecional tipo E, de fibra de vidro, e matriz termorrígida de epóxi. Essa matriz foi dopada com o óxido férrico e dióxido de titânio, em quantidades de massa previamente estabelecidas.

Foram produzidas oito amostras, que são observadas nas seguintes proporções: (0,0,1), (0,1,5), (1,0,5), (1,1,5), (1,2,10), (2,1,10), (1,0,10) e (0,1,10), essas proporções em massa seguem o seguinte modelo (Óxido férrico, Dióxido de titânio, Fibra de vidro + Resina epóxi).

Essas amostras, depois de laminadas, passaram por um processo de cura e endurecimento. Cerca de 48 horas após o processo, as amostras foram separadas e cortadas, com tamanhos próprios para a realização das análises previstas.

### 2.3 Caracterização

Primeiramente, fez-se à caracterização por difração de raios-X (DRX) dos compostos utilizados como carga (dióxido de titânio e óxido férrico). O teste foi conduzido na Divisão de Materiais do Instituto de Aeronáutica e Espaço – AMR/IAE em São José dos Campos/SP.

As figuras 2 e 3, foram obtidas pelo X'Pert HighScore Plus e evidenciam o tipo de material, com o qual a resina foi dopada.

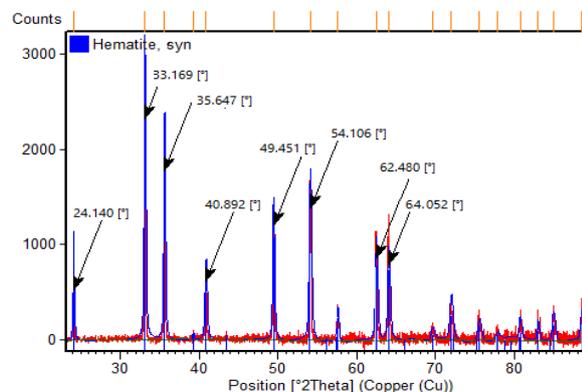


Figura 2. Análise DRX, do particulado de óxido férrico.

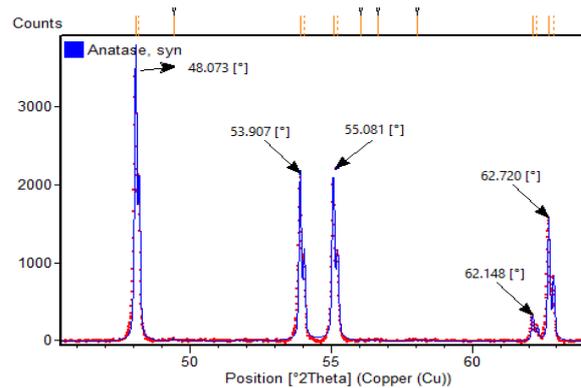


Figura 3. Análise DRX, do particulado de dióxido de titânio.

Confirma-se, com uma precisão maior que 97%, que o óxido férrico é de fase Hematita, que apresenta sistema cristalino Trigonal Romboédrico e o dióxido de titânio é de fase Anatase, que apresenta sistema cristalino Tetragonal Piramidal.

A superfície das amostras foi avaliada por meio de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). Com esta caracterização, pode-se observar em detalhes os componentes do compósito, ou seja, as fibras e os particulados na superfície das amostras. O experimento foi conduzido no Laboratório de Microscopia Eletrônica da Universidade Federal de Itajubá, Campus Itabira/MG.

Por intermédio da análise, foi possível obter imagens da superfície do material, como a mostrada na Figura 4.

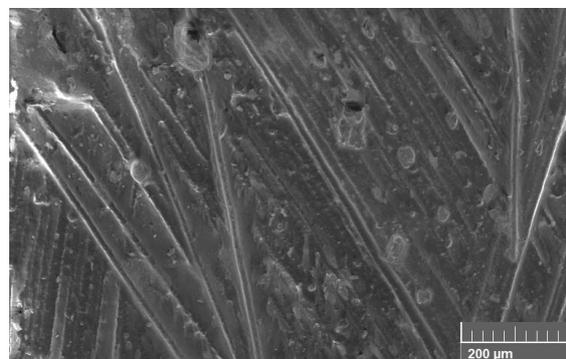


Figura 4. MEV do compósito evidenciando as fibras e as partículas adicionadas (200X).

Uma medida indireta da absorção da radiação eletromagnética apresentada pelas amostras pode ser feita avaliando a resistividade apresentada pelo material. Soethe [7] afirma que a mobilidade eletrônica, está relacionada com a resistência superficial sentida pelos elétrons, que conseqüentemente, são diretamente dependentes na característica do material em atenuar a energia de onda eletromagnética. Utilizando-se desse princípio, análises de resistividade em duas pontas, foram realizadas nas amostras, por meio de um equipamento de resistividade em quatro pontas do Laboratório de Filmes Finos e Nanotecnologia, do Centro de Joinville da UFSC.

Observou-se pelo método de resistividade em duas pontas, que o pó de Óxido Férrico apresentou resistência elétrica na magnitude de  $7 \times 10^6 \Omega$  (Ohms) enquanto que o pó de Dióxido de Titânio apresenta resistência elétrica da ordem de  $4 \times 10^7 \Omega$ , evidenciando a característica condutora de ambos os compostos isoladamente. Ao medirem-se as amostras, pode-se observar propriedades distintas daquelas apresentadas pelos compostos isoladamente. As amostras de compósitos apresentaram características isolantes, com resistências elétricas que variam de  $3 \times 10^{10}$  a  $2 \times 10^{11} \Omega$ .

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir de um processo simples de laminação em fibra de vidro, com resina epóxi dopada de diferentes compostos, espera-se obter um material que combine as características intrínsecas de cada particulado, aliando um processo já utilizado na indústria aeronáutica e, portanto, de fácil implementação.

A caracterização, da absorção da radiação eletromagnética por guia de onda, encontra-se em processo de execução. Tal técnica permitirá avaliar o comportamento do compósito quanto a sua potencialidade enquanto absorvedor e a influência de cada

composto adicionado no comportamento apresentado pelo material.

Espera-se que o material tenha uma absorção mínima, maior que a dos constituintes, separadamente, efeito que se dá pelos diferentes mecanismos de absorção em cada particulado impregnado na resina.

### REFERÊNCIAS

- [1] Dias, J. C., 2000, “Obtenção de Revestimentos Absorvedores de Radiação Eletromagnética (2-18 GHz) Aplicados no Setor Aeronáutico”, Ph.D. Thesis, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, S.P., Brazil.
- [2] Nohara, E.L., 2003, “Materiais Absorvedores de Radiação Eletromagnética (8-12 GHz) Obtidos pela Combinação de Compósitos Avançados Dielétricos e Revestimentos Magnéticos”, Ph.D. Thesis, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, S.P., Brasil.
- [3] KOSTIKOV, V.I. Fibre Science and Technology. [S.l.]: Chapman & Hall, 1995. (Soviet Advanced Composites Technology Series).
- [4] REZENDE, M.C.; MARTIN, I.M.; SILVA, F.S. 2000. Materiais absorvedores de radiação eletromagnética, Spectrum, vol.2., p. 17-20 (2000).
- [5] GONÇALVES, V. F. M., 2016, “Materiais Compósitos Estruturais Atenuadores de Radiação Eletromagnética (8,2-12,4 Ghz)”, Monografia, Universidade de Taubaté, Taubaté, SP, Brasil.
- [6] FAEZ, R. ET AL.. Polímeros condutores para blindagem eletromagnética, Polímeros: Ciência e Tecnologia, vol. 10, nº 3, p. 134 (2000).
- [7] SOETHE, V. L., 2009. Filmes Finos Absorvedores de Microondas obtidos pelo processo de Deposição Física em fase vapor. Tese de Doutorado, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, SP, Brasil.