

Relatório Final

Título do projeto de pesquisa: Desenvolvimento de compósito polimérico eletromagnético à base de aditivo híbrido

Bolsista: Thales de Abreu Costa

Orientador(a): Pesq. Dra. Adriana Medeiros Gama

Período a que se refere o relatório: agosto de 2013 a agosto de 2014

Resumo

O presente relatório consiste no detalhamento do processamento de compósitos poliméricos à base de negro de fumo, ferro carbonila e resina epóxi. O objetivo do trabalho foi estudar a influência da concentração destes aditivos em suas propriedades eletromagnéticas e mecânicas. Foram preparadas três amostras com diferentes concentrações de negro de fumo e ferro carbonila, porém com concentração final constante a 60% em massa de aditivo magnético e dielétrico, e 40% em massa de resina epóxi. Foram medidos, para as amostras A, B e C, os valores de densidade hidrostática; permissividade e permeabilidade (real e imaginária) e a refletividade na faixa de frequências entre 8,2 a 12,4 GHz. Através do microscópio eletrônico de varredura (MEV) foram feitas micrografias das amostras em função da taxa de concentração de ferro, assim como a distribuição deste elemento ao longo da amostra. Através da técnica de DMA, utilizando a faixa de temperatura de 25°C a 250°C, foram encontrados os respectivos valores de temperaturas de transição vítrea para as amostras A, B e C.

1. Introdução

O compósito é constituído de duas partes: o reforço e a matriz, onde, o reforço (aditivo) tem a função de alterar a dureza, a resistência à tração, a tenacidade e a rigidez. E a matriz tem a função de manutenção das fibras na orientação apropriada, proteção contra abrasão e efeitos ambientais, e de transferência e distribuição das tensões dentro do compósito [1].

O objetivo deste trabalho é o processamento e estudo de três tipos de compósitos poliméricos iguais em sua composição química, porém diferentes em concentração de aditivos. Após o processamento dos compósitos, serão realizadas medidas de propriedades eletromagnéticas, análise microscópica e análise dinâmico-mecânica.

2. Materiais e métodos

Foram preparados três diferentes tipos de compósitos poliméricos, conforme apresentado na Tabela 1. Como matéria prima, foram utilizados pós de ferro carbonila (aditivo magnético), pós de negro de fumo (aditivo dielétrico), resina epóxi e catalisador.

TABELA 1: Concentração em massa de aditivo e matriz no processamento do compósito.

COMPÓSITO	ADITIVO		POLÍMERO		TOTAL
	Ferro Carbonila	Negro de Fumo	Resina epóxi	catalisador	
A	59%	1%	35%	5%	100%
B	58%	2%	35%	5%	100%
C	57%	3%	35%	5%	100%

Após a mistura das matérias primas, o material foi despejado em um molde de alumínio de dois milímetros de espessura. Foi utilizada uma bolsa de vácuo, onde o material produzido foi curado em temperatura ambiente e a vácuo, evitando a formação de poros/bolhas internas que prejudicam suas propriedades morfológicas, eletromagnéticas e mecânicas. A densidade dos corpos de prova dos compósitos foi obtida através de uma balança analítica Shimadzu modelo AUW220 com kit de densidade Shimadzu SMK-401. A caracterização eletromagnética foi realizada utilizando-se um analisador de rede vetorial 8510C modelo WR90 pela técnica de guias de ondas retangular na faixa de frequências de 8,2 – 12,4 GHz. A análise morfológica do material foi realizada utilizando-se um Microscópio Eletrônico de Varredura LEO 435VPi Serial No 435-14-03. E através de um ensaio dinâmico-mecânico, realizado por um aparelho DMA 2980 Dynamic Mechanical Analyzer da marca TA Instruments, puderam ser conhecidas as temperaturas de transições vítreas [2, 3, 4].

3. Resultados e discussões

Os valores médios de densidade hidrostática encontrados para as amostras A, B e C foram $2,20 \text{ g/cm}^3$, $2,17 \text{ g/cm}^3$ e $2,15 \text{ g/cm}^3$, respectivamente. Observa-se que as amostras que possuem maiores concentrações de negro de fumo, apresentaram densidades menores. Acredita-se que isso é devido ao fato do negro de fumo ($1,80\text{-}1,86\text{g/cm}^3$) [5] possuir uma densidade menor do que a ferro carbonila ($2,3\text{-}2,8\text{g/cm}^3$) [5].

As Figuras 1 - 4 mostram as curvas referentes a componentes real (ϵ' e μ') e imaginária (ϵ'' e μ'') da permeabilidade e permissividade complexas para as amostras A, B e C, respectivamente.

Figura 1 – Permissividade real (ϵ') no intervalo de frequência de 8,2 a 12,4GHz.

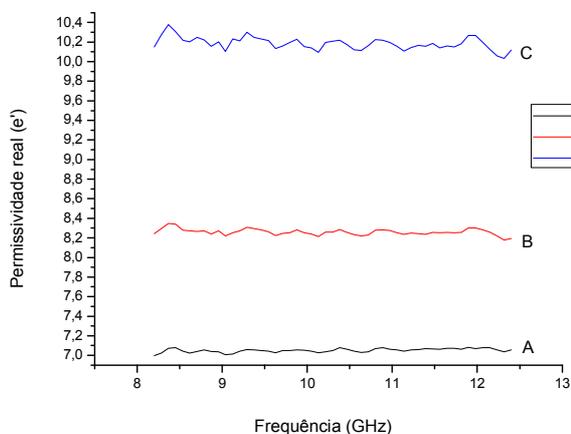
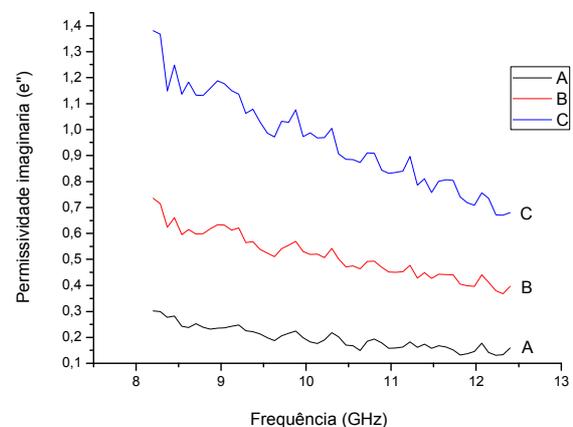


Figura 2 – Permissividade imaginária (ϵ'') no intervalo de frequência de 8,2 a 12,4GHz.



De acordo com a Figura 1, o valor da parte real da permissividade elétrica ou constante dielétrica é constante ao longo de toda faixa de frequência para as amostras A, B e C. Onde os valores de ϵ' foram 7,0; 8,21 e 10,15 para as amostras A, B e C, respectivamente. Já as curvas de permissividade imaginária apresentaram um comportamento descendente em função do aumento da frequência. Os valores da parte imaginária variaram de 0,16 a 0,30 (amostra A); 0,40 a 0,74 (amostra B) e 0,68 a 1,38 (amostra C).

A amostra C apresentou os maiores valores de permissividade real e imaginária (Figura 1 e 2), tal comportamento pode ser atribuído ao fato da amostra possuir a maior quantidade em massa de negro de fumo, predominando um caráter dielétrico no material [5].

Figura 3 – Permeabilidade real (μ') no intervalo de frequência de 8,2 a 12,4GHz.

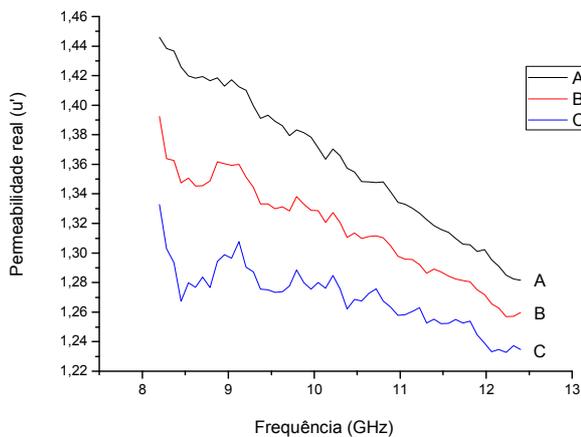
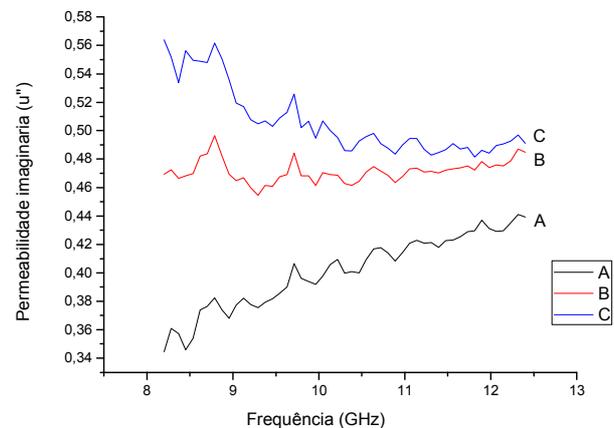


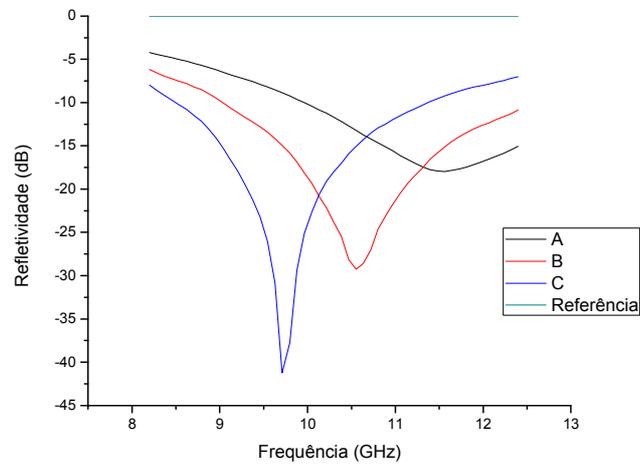
Figura 4 – Permeabilidade imaginária (μ'') no intervalo de frequência de 8,2 a 12,4GHz.



A Figura 3 apresenta as curvas de permeabilidade real das amostras A, B e C. Notou-se que o valor da permeabilidade real varia entre 1,28 e 1,45 (amostra A); 1,26 e 1,39 (amostra B) e 1,23 e 1,33 (amostra C). Enquanto a parte imaginária da permeabilidade (Figura 4) apresentou valores entre 0,34 e 0,43 (amostra A); aproximadamente 0,47 (amostra B), e variando entre 0,49 e 0,56 para a amostra C.

A amostra A, que possui maior concentração em massa de aditivo magnético, apresentou um valor de permeabilidade real maior do que as demais amostras. Isso possibilitou uma melhor interação com o campo magnético incidente, elevando os valores da permeabilidade real. A Figura 5 apresenta as curvas de refletividade em função da frequência para as amostras A, B e C. Observou-se que quanto maior a concentração do aditivo dielétrico (Negro de Fumo), maiores são os valores de perdas por reflexão (ou refletividade), porém a frequência de ressonância (pico das curvas) é deslocada para valores menores.

Figura 5 – Refletividade no intervalo de frequências de 8,2 a 12,4GHz.



As Figuras 6 - 8 apresentam as micrografias das amostras A, B e C obtidas através do microscópio eletrônico de varredura.

Figura 6 – Distribuição de ferro na amostra A.

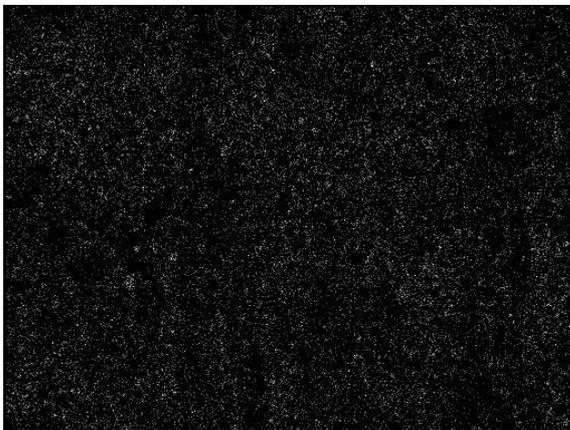


Figura 7 – Distribuição de ferro na amostra B.

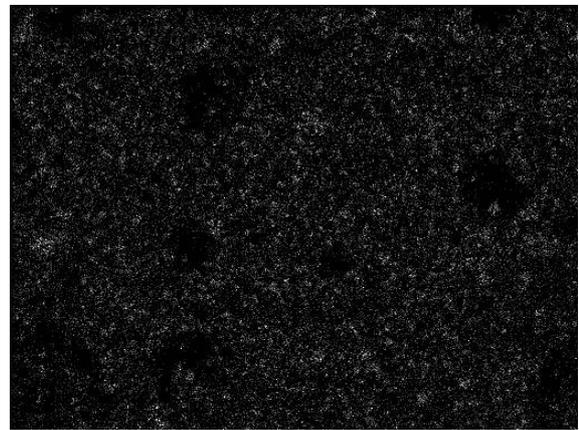
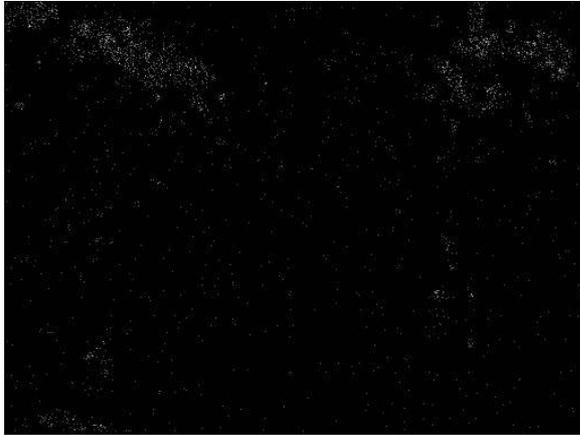


Figura 8 – Distribuição de ferro na amostra C.



Na Figura 6 observa-se uma distribuição homogênea do elemento químico sobre a amostra A, enquanto a Figura 7 apresenta uma distribuição menos homogênea onde aparecem muitos espaços mal preenchidos. Já a Figura 8 apresentou uma quantidade menor de ferro e uma distribuição heterogênea. E através de um ensaio dinâmico-mecânico, puderam ser conhecidas as temperaturas de transições vítreas e tirar conclusões a respeito da rigidez das amostras A, B e C. As temperaturas de transições vítreas, medidas através do DMA, estão entre 63,14 °C - 71,10 °C; 63,06 °C – 71,75 °C e 63,57 °C – 71,49 °C para as amostras A, B e C, respectivamente.

4. Conclusões

A variação do aditivo magnético/dielétrico (negro de fumo e ferro carbonila) altera os valores de permissividade e permeabilidade complexas. Como o cálculo de refletividade é dependente desses parâmetros, pode-se, então, por meio da escolha dos parâmetros de processamento do material, deslocar a frequência de trabalho do absorvedor possibilitando a escolha do material com as melhores características absorvedoras de ondas eletromagnéticas. As temperaturas de transições vítreas, identificadas nos gráficos produzidos com o DMA, mostram que a variação dos aditivos não interfere nela e que, por se tratar de valores relativamente baixos, as amostras não apresentam resistência térmica quando submetidas a temperaturas superiores a 60°C.



Referências

- [1] DEBORAH DIBBERN BRUNELLI. **Materiais Compósitos Poliméricos**. Disponível em: <<http://evfita.ita.br/evfita2012/apresentacoes/Deborah.pdf>>. Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos. Acesso em: 20 de fev. 2014 .
- [2] **Técnicas de análises térmicas (TA) de materiais**. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Apostila.
- [3] SANTOS, AMILTON MARTINS; SILVA, RAFAEL CAETANO J.P. **Comportamento térmico dos polímeros**. Universidade de São Paulo-Escola de Engenharia de Lorena. Apostila.
- [4] MENARD, Kevin P, **Dynamic mechanical analysis: a practical introduction**. New York, p. 1-5,1999.
- [5] PORT, RAFAEL JORGE, **Proposição de projeto de materiais absorvedores de radiação eletromagnética multicamadas por meio de otimização evolutiva** 2011. Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2011.