

# Avaliação do Desempenho de Materiais Absorvedores de Radiação Eletromagnética por Guia de Ondas

Magali S. Pinho, Roberto C. Lima, Bluma G. Soares e Regina C. R. Nunes

**Resumo:** Neste trabalho, amostras elastoméricas contendo diferentes tipos de cargas absorvedoras de microondas, sob a forma de pós, foram obtidas para medidas de refletividade. Os materiais utilizados com diferentes composições percentuais em peso foram: ferrocarbonila, negro de fumo, polianilina e ferrita dopadas. As medidas de refletividade foram determinadas com base nas propriedades magnéticas e dielétricas dos compósitos elastoméricos a partir de dados de espalhamento, através da inserção e fixação em um guia de ondas, para a faixa de frequência de 8-16 GHz. Os melhores resultados foram apresentados pelo ferrocarbonila e negro de fumo para as frequências mais baixas, enquanto a ferrita dopada absorveu em uma frequência mais elevada.

**Palavras-chave:** *Materiais absorvedores de microondas, compósitos elastoméricos, ferrocarbonila, negro de fumo, polianilina dopada, ferrita dopada, guia de ondas.*

## Introdução

A estratégia de defesa marítima ou aérea conta com dispositivos que possibilitam a detecção de um alvo. De modo a dificultar ou minimizar a detecção ou visualização acústica, ótica ou por meio de radar, foram criadas técnicas apropriadas, que incluem o emprego de materiais absorvedores. Um material absorvedor de microondas (RAM, “radar absorbing material”) é constituído por compostos, com elevada perda de energia, que absorvem a radiação incidente em frequências sintonizadas e dissipam a energia absorvida sob a forma de calor, inibindo a energia necessária para o sinal de eco de detecção por meio de radar.

As cargas absorvedoras empregadas neste estudo foram: ferrocarbonila, negro de fumo extra condutor, ferrita e polianilina dopadas.

Esses aditivos foram adicionados separadamente em matriz de policloropreno em teores diferenciados, na expectativa de se avaliar o desempenho de cada um como um absorvedor de microondas.

Recentemente, tem-se observado um grande interesse por medidas acuradas de propriedades magnéticas e dielétricas de diferentes RAM, na frequência de microondas. As principais técnicas incluem os métodos em espaço aberto e através do emprego de um guia de ondas.

Para se atingir o objetivo deste estudo, medidas de refletividade em decibel (R, dB), com base nos valores obtidos de permeabilidade ( $\mu$ ) e permissividade ( $\epsilon$ ) para os diversos materiais, foram realizadas por guia de ondas. A técnica adotada neste trabalho para as medidas de  $\mu$  e  $\epsilon$  baseia-se nas linhas de transmissão sendo conhecida como método de Transmissão/Reflexão (T/R).

*Magali S. Pinho, Roberto C. Lima, Instituto de Pesquisas da Marinha (IPqM); Bluma G. Soares e Regina C. R. Nunes, Instituto de Macromoléculas Professora Eloisa Mano (IMA), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), C.P. 68525, CEP: 21945-970, Rio de Janeiro, R.J. E-mail: rcnunes@ima.ufrj.br*

## Experimental

A polianilina dopada com o ácido p-tolueno sulfônico (PAni-TSA) e a hexaferrita de bário dopada com cobalto e titânio (Co-TiBaHF) utilizadas foram obtidas segundo os procedimentos descritos pela literatura.

O ferrocarbonila (BASF) e o negro de fumo extra condutor (DEGUSSA) foram utilizados como adquiridos, assim como o policloropreno (CR, Neoprene W da Du Pont).

As misturas físicas foram realizadas em um misturador de cilindros Berstoff e os corpos de prova foram obtidos sob a forma de tapetes vulcanizados, através de moldagem por compressão, com as dimensões (4,0 x 4,0 cm) e espessura na faixa de 0,10 a 0,25 cm.

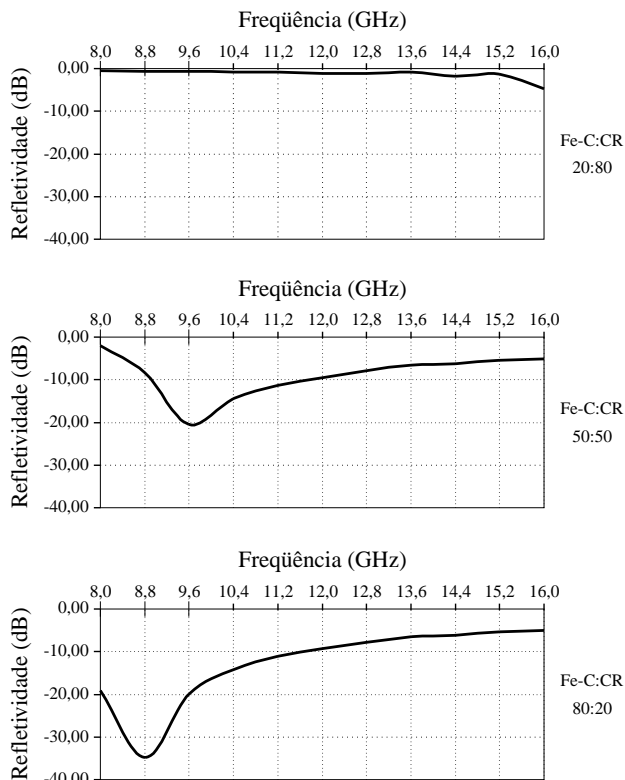
A observação micromorfológica foi realizada através do emprego de um microscópio eletrônico de varredura (SEM) Topcon, mod.ABT-60, para a superfície de fraturas crioscópicas.

As medidas de absorção da radiação eletromagnética foram realizadas por guia de ondas, a partir de dados de espalhamento, obtidos através do emprego de um analisador vetorial de rede HP 8510B. As equações que relacionam os dados de espalhamento com a permeabilidade e permissividade do material seguem o algoritmo de Nicolson-Ross-Weir (NRW). Embora as medidas de absorção da radiação eletromagnética sejam expressas em termos dos valores de Refletividade (R, dB), torna-se importante colocar que a absorção e a Refletividade de materiais relacionam-se através de uma escala logarítmica.

## Resultados e discussão

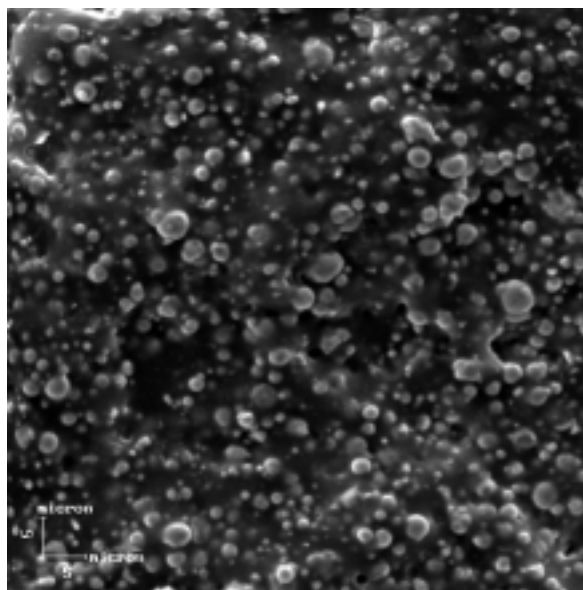
A avaliação do efeito das diferentes composições percentuais em peso sobre as medidas de Refletividade (dB) foi estudada para cada material absorvedor. A Figura 1 ilustra este efeito para as composições percentuais de Fe-C:CR com espessura de 1,5 mm.

Conforme os resultados apresentados pela Figura 1, pode-se observar que elevados carregamentos com ferrocarbonila foram necessários para que o material apresentasse um bom desempenho como um absorvedor de microondas.

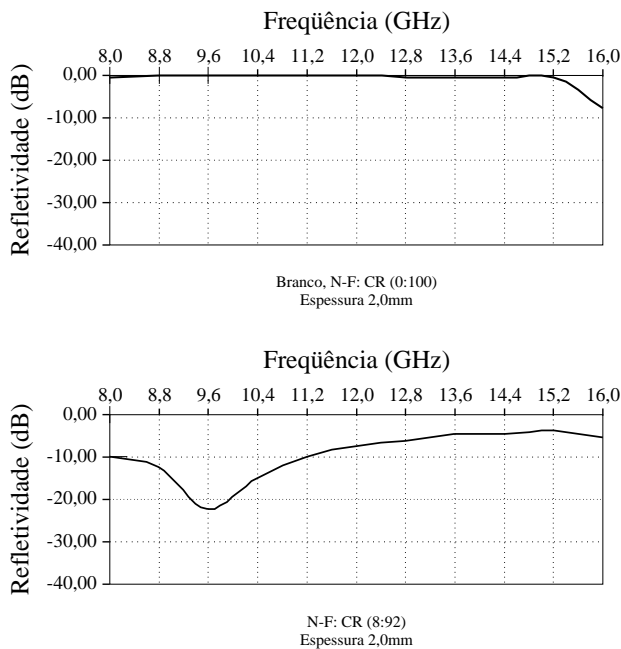


**Figura 1.** Comparação entre medidas de Refletividade (dB) para as diferentes composições percentuais em peso de Fe-C:CR, com espessura de 1,5 mm.

A geometria e a dispersão das partículas de ferrocarbonila na matriz de policloropreno foi avaliada pela Microscopia Eletrônica de Varredura (SEM), conforme ilustra a Figura 2.



**Figura 2.** Micrografia obtida pela fratura crioscópica da composição percentual em peso de 80:20 de Fe-C:CR. 20Kv, 1500X.



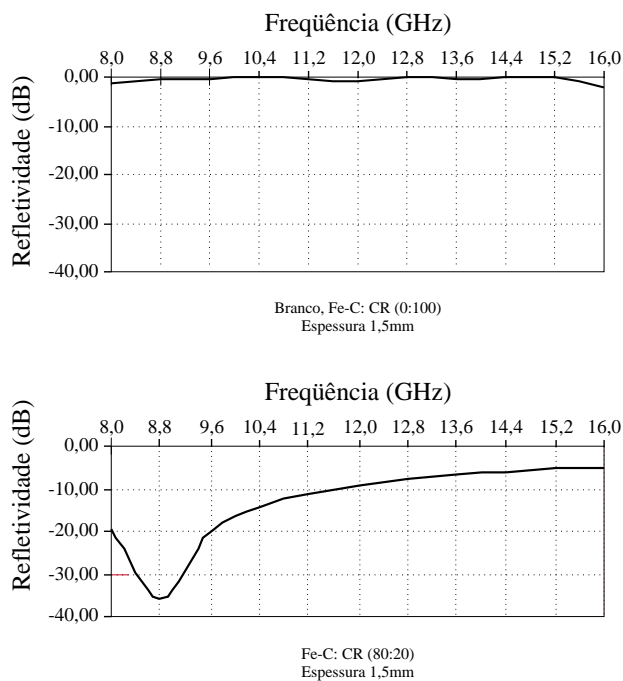
**Figura 3.** Comparação entre medidas de Refletividade (dB) para as composições percentuais em peso de N-F:CR de 0:100 (branco) e 8:92.

Através de caracterização por SEM foi possível a identificação de uma morfologia esférica para o ferrocarbonila, além da observação de uma boa dispersão das partículas de Fe-C na matriz de policloropreno, apesar de ter sido utilizado um elevado carregamento.

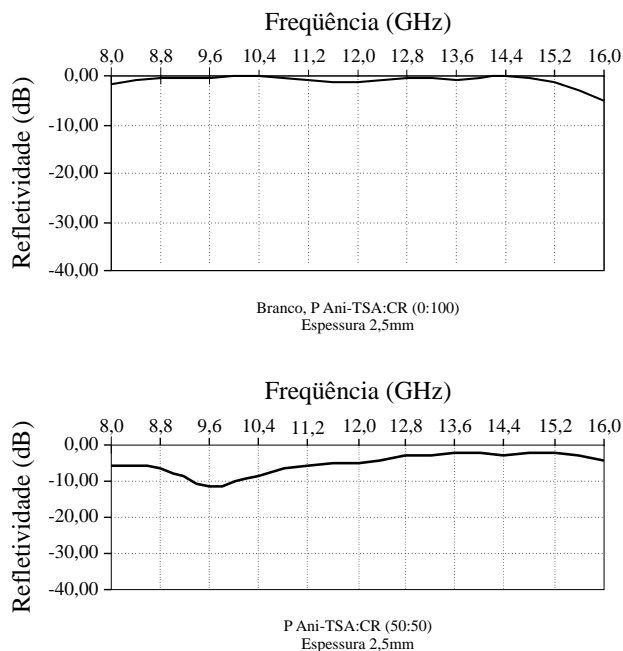
Os gráficos de Refletividade (dB) versus Frequência (GHz) para as diferentes composições percentuais em peso dos diversos materiais, encontram-se ilustrados pelas Figuras 3, 4, 5 e 6, todas explicitadas em relação ao policloropreno puro (0:100), codificado como branco. Os respectivos valores de espessura (mm) encontram-se ilustrados em cada Figura.

Pelo resultado obtido pode ser observada a não absorção por parte da matriz elastomérica utilizada, o CR. Foi também observada uma boa absorção do material, empregando-se um baixo carregamento com negro de fumo, isto é de 8:92 de N-F:CR (% em peso). Torna-se relevante colocar que este material absorveu na faixa de frequência de interesse dos atuais radares da Marinha do Brasil, de 8 a 11 GHz.

Conforme mencionado anteriormente, foram necessários altos carregamentos com o ferrocarbonila para que elevados valores de absorção pudessem ser alcançados. De forma análoga ao negro de fumo extra condutor, este material absorveu na faixa de interesse, descrita anteriormente.



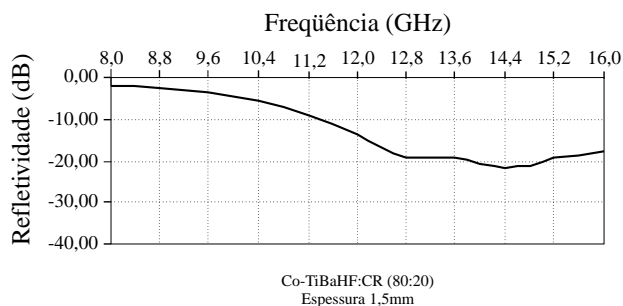
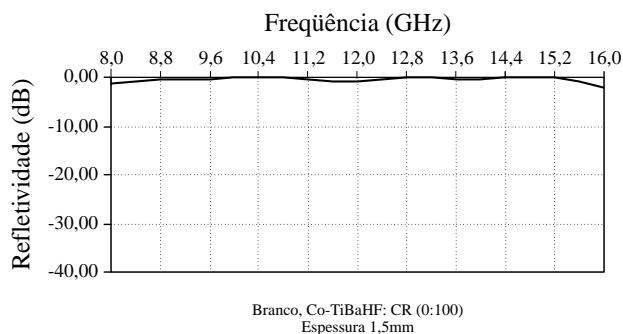
**Figura 4.** Comparação entre medidas de Refletividade (dB) para as composições percentuais em peso de Fe-C:CR de 0:100 (branco) e 80:20.



**Figura 5.** Comparação entre medidas de Refletividade (dB) para as composições percentuais em peso de PAni-TSA:CR de 0:100 (branco) e 50:50.

O carregamento com a PAni-TSA foi de 50:50 para a mistura PAni-TSA:CR (% em peso).

Torna-se relevante observar que embora tenha sido utilizado um menor percentual de PAni-TSA, em relação ao carregamento com Fe-C, tornou-se



**Figura 6.** Comparação entre medidas de Refletividade (dB) para as composições percentuais em peso de Co-TiBaHF:CR de 0:100 (branco) e 80:20.

necessário o emprego de um material com uma maior espessura.

De forma análoga aos demais materiais, a absorção ocorreu na faixa de interesse.

O carregamento com a Co-TiBaHF foi de 80:20 (% em peso) para a mistura Co-TiBaHF:CR.

De forma diferente dos demais materiais absorvedores, a faixa de absorção ocorreu em frequências mais elevadas.

## Conclusão

De acordo com os resultados apresentados pode ser observado que a absorção depende da espessura, bem como do material utilizado.

De forma conclusiva, pode-se observar que o melhor desempenho no tocante à absorção da radiação eletromagnética foi observado para o ferrocarbonila e negro de fumo extra condutor para as frequências mais baixas, enquanto a hexaferrita

de bário dopada destacou-se pela absorção em frequências mais elevadas.

Como os atuais radares da Marinha do Brasil atuam na faixa de frequência de 8 a 11 GHz, as cargas absorvedoras de radiação eletromagnética que apresentaram-se de forma mais adequada consistem de negro de fumo extra condutor e ferrocarbonila.

## Agradecimentos

À pesquisadora Maria Aparecida dos Santos (IPqM) pela análise de SEM.

## Referências Bibliográficas

1. Smith, F. C., Chambers, B. & Bennett, J. C. - Methodology for accurate free-space characterization of radar absorbing materials. IEE Proc. Sci. Meas. Technol., 141, 6, 538-546 (1994).
2. Lynch, A. C., Griffiths, H. D., Appleton, S. & Cullen, A. L. - Free-wave measurement of permeability and permittivity of ferrites at millimetre-wave frequencies, IEE Proc. Sci. Meas. Technol., 142, 2, 169-175 (1995).
3. Pinho, M. S. MSc. Tese - Instituto de Macromoléculas Prof. Eloisa Mano, UFRJ "Síntese e caracterização de polianilina e sua utilização na obtenção de misturas físicas e compósitos com policloropreno" (1997).
4. Gregori, M. L., Dsc. Tese - University of Sheffield, England, "Synthesis and characterisation of barium hexaferrite to be used as microwave absorber" (1997).
5. Nicolson, A. M. & Ross, G. - Measurement of the intrinsic properties of materials by time domain techniques, IEEE Trans. Instrum. Meas., IM-19, 377-382 (1970).