



ANÁLISE DO PARAMETRO S_{11} DO TEFLON, PLA, PLA CONDUTIVO E PLA MAGNÉTICO COM SETUP DE SIMULAÇÃO DE GUIA DE ONDAS

Davi da Silva Barbosa^{1,2}, Gustavo Ferreira Vicentine^{1,2}, Heitor Giatte da Costa^{1,2}, Marco Antonio Bernadino Pinto^{1,2}, Alexandre Maniçoba de Oliveira^{1,2}, Charles Artur Santos de Oliveira^{1,2}, Mylenna Ribeiro Francischini^{1,2}

¹ Laboratório Maxwell de Micro-Ondas e Eletromagnetismo Aplicado (LABMAX), Instituto Federal de São Paulo, Brasil, {davi, gustavo, heitor, m.antonio, amanicoba, charles }@labmax.org; f.mylenna@aluno.ifsp.edu.br

² Instituto Federal, de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP)

Resumo - Neste artigo é apresentado o desenvolvimento de um guia de ondas no software de simulação Ansys HFSS, que opera na frequência de 8,2 a 12,4 GHz (Banda X), sendo analisado o teflon, PLA, PLA condutivo e PLA magnético, verificando seus parâmetros de reflexão de acordo com a frequência.

Palavras-chave: Guia de ondas, PLA, Teflon, Simulação, Banda X.

INTRODUÇÃO

Os materiais absorvedores de radiação eletromagnética (MARE) têm como principal característica a transformação da energia da radiação eletromagnética em energia térmica.

Os MARE são amplamente utilizados em diversas aplicações na área de defesa, testes eletromagnéticos, telecomunicações entre outros [1] e [2], sendo possível a utilização de seus parâmetros para a simulação de diferentes materiais e dimensões, demonstrando a interação das ondas eletromagnéticas (OEM) com o material em questão, obtendo informações do comportamento experimental por meio dos simuladores [3] e [4].

Um método muito implementado na caracterização da reflexão e transmissão é o setup do guia de ondas, em que suas dimensões são variáveis de acordo com a frequência de operação desejada [1] e [2], a análise do material é feita utilizando um corpo de prova. Nesse artigo são analisados diferentes tipos de PLA [5] e [6] e o teflon [2] e [3] na banda X (8,2 a 12,4 GHz), abordando sua absorção de acordo com suas características.

DESENVOLVIMENTO

O setup de guia de ondas utilizado se trata de um tubo metálico de seção retangular, mostrado na Fig. 1, onde a onda eletromagnética é propagada em um sistema fechado [1]. O modo de propagação escolhido para a simulação foi o TE_{10} , que tem como vantagem a configuração de campos mais simples [1]. É utilizada a frequência de 8,2 a 12,4 GHz (Banda X) para o dimensionamento do guia de onda e dos materiais em análise.



Figura 1 – Guia de ondas [2]

O processo de análise do guia de ondas demonstra a interação entre a onda eletromagnética e o material analisado, e a partir disso é possível caracterizar as propriedades eletromagnéticas dos materiais [1], [2], [5] e [6], por meio de algoritmos como Nicolson-Ross-Weir (NRW), que resultam na permissividade e permeabilidade do material em questão, a partir dos parâmetros de reflexão (S_{11}) e transmissão (S_{21}) encontrados. Além disso, a análise demonstra as possíveis aplicações dos materiais no campo eletromagnético, como no desenvolvimento de uma câmara anecoica, onde a reflexão do material deve ser analisada para a aplicação.

As dimensões calculadas para o guia de ondas a partir de [1] são de 22,86 mm de largura, 10,16 mm de altura e comprimento de 72,80 mm ($\lambda_{\text{médio}} * 10/4$) [2], sua frequência mínima de corte é 6,5 GHz, e sua frequência máxima de corte 13,1 GHz, onde a partir desses valores a propagação é prejudicada [1]. Com isso foram dimensionadas as amostras de Ácido polilático comum (PLA), PLA condutivo (PLA-C) e PLA magnético (PLA-M) e politetrafluoretileno (Teflon), como materiais analisados, em que suas larguras e alturas são iguais ao guia de ondas retangular, variando apenas a espessura na dimensão, suas características são mostradas na Tabela 1.

TABELA 1 – Dimensões e características dos materiais

Materiais	Espessura (mm)	Permissividade (média)
Teflon	10,0	2,1
Teflon	15,0	2,1
Teflon	25,4	2,1
PLA	25,4	3,5
PLA-C	25,4	6,4
PLA-M	25,4	3,6

A permissividade utilizada no teflon [2] e [3] foi a da biblioteca do próprio simulador Ansys HFSS, já as bases referentes ao PLA, PLA condutivo (PLA-C) e PLA magnético (PLA-M) foram retiradas de artigos relacionados [6].

A análise do Teflon foi dada em toda a banda X, o PLA, PLA-C e PLA-M foram analisados na frequência de 8,2 a 10 GHz, onde a curva característica da permissividade de cada material foi implementada no simulador.



A partir desses dados foi utilizado o software Ansys HFSS para o desenvolvimento da simulação computacional, implementando as dimensões do guia de ondas e dos materiais a serem analisados, onde o material é posicionado no meio do guia de ondas, são atribuídas duas portas de guia de ondas nas extremidades, a construção do guia de ondas é feita utilizando PEC (condutor elétrico perfeito) e sua espessura é de 0,1 mm, como mostra a Fig. 2.

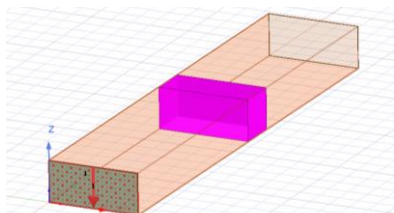


Figura 2 – Simulação do guia de ondas no HFSS.

Os resultados obtidos nas simulações apresentam a variação gerada pela diferença de espessura e permeabilidade dos materiais, sendo possível observar as frequências ressonantes ocorridas de acordo com as características do material analisado, onde os parâmetros obtidos nas simulações estão conforme a literatura.

REFERÊNCIAS

- [1] PEREIRA, J. J. Caracterização eletromagnética de materiais absorvedores de microondas via medidas de permissividade e permeabilidade complexas na banda X. Universidade de Taubaté, Taubaté, 2007.
- [2] CASTRO, Pedro J. et al. Medida da permissividade e permeabilidade de materiais por uma técnica de reflexão/transmissão.
- [3] DE PAULA, Adriano Luiz et al. Parâmetros S do Teflon®: comparação entre simulação computacional e valores experimentais. Technology, v. 4, p. 6.
- [4] DE PAULA, Adriano Luiz et al. A utilização da simulação computacional para a predição de comportamento de MARE magnéticos. X Simpósio de Aplicações Operacionais em Áreas de Defesa, 2008.
- [5] KJELGÅRD, Kristian G.; WISLAND, Dag T.; LANDE, Tor S. 3D printed wideband microwave absorbers using composite graphite/PLA filament. In: 2018 48th European Microwave Conference (EuMC). IEEE, 2018. p. 859-862.
- [6] HUBER, Eric et al. Dielectric property measurement of PLA. In: 2016 IEEE International Conference on Electro Information Technology (EIT). IEEE, 2016. p. 0788-0792.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Fig. 3 são mostrados os resultados do S₁₁ em dB das simulações realizadas com o Teflon, variando sua espessura com 10,0, 15,0 e 25,4 mm. É visto a interação da onda com o material na banda X (8,2 a 12,4 GHz) onde a maior atenuação ocorre na frequência de 11,3 GHz com atenuação de -54 dB para a espessura de 10 mm, na frequência de 8,25 GHz com atenuação de -60 dB para a espessura de 15 mm e na frequência de 9,3 GHz com atenuação de -56 dB para a espessura de 25,4 mm

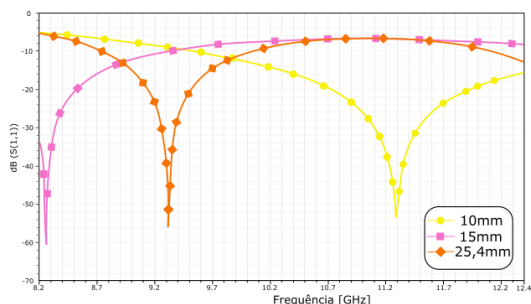


Figura 3 – Parâmetro S₁₁ do Teflon.

Na Fig. 4 são mostrados os resultados do S₁₁ em dB das simulações realizadas com o PLA, PLA-C e PLA-M. É visto a interação da onda com os diferentes materiais na frequência de 8,2 a 10 GHz, onde a maior atenuação ocorre na frequência de 10 GHz com atenuação de -20 dB para o PLA, na frequência de 9,28 GHz com atenuação de -35 dB para o PLA-C e na frequência de 9,95 GHz com atenuação de -38 dB para o PLA-M

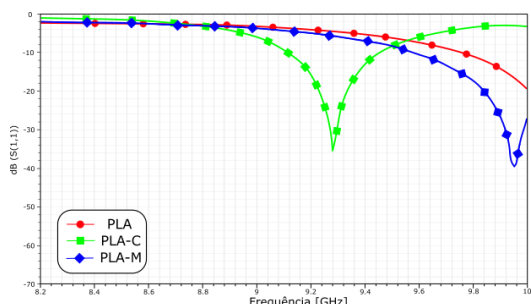


Figura 4 – Parâmetro S₁₁ do PLA, PLA-C e PLA-M.