

## **APERFEIÇOAMENTOS PARA A CARACTERIZAÇÃO ELETROMAGNÉTICA DE MATERIAIS PELO MÉTODO DE ESPAÇO-LIVRE EM UM SISTEMA CONFIGURÁVEL**

Gustavo Canuto Cunha <sup>1</sup>; Fábio Júlio Fonseca Gonçalves <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Gustavo Canuto Cunha, Bolsista FAPEMIG, Curso de Engenharia de Controle e Automação, IFMG Campus Ibirité, Ibirité - MG; [gustavocanuto.cunha@gmail.com](mailto:gustavocanuto.cunha@gmail.com)

<sup>2</sup> Orientador: Pesquisador do IFMG, Campus Ibirité; [fabio.goncalves@ifmg.edu.br](mailto:fabio.goncalves@ifmg.edu.br)

### **RESUMO**

Dentre os métodos de extração das propriedades eletromagnéticas, o método do espaço-livre se destaca principalmente para aplicações que envolvem uma resposta homogeneizada e não-invasiva, como em metamateriais, uma vez que o mais importante, grande parte das vezes, é a resposta efetiva de um conjunto heterogêneo. Como parte de um projeto que visa usar o método de espaço-livre em um ambiente de testes, na etapa atual foram usados os softwares SolidWorks e Matlab para a modelagem de peças, que foram posteriormente construídas em uma impressora 3D. Assim, dado um maior entendimento acerca do tema abordado, além da expansão de recursos disponibilizados, propiciou-se a efetivação de um plano para realizar a montagem do projeto visado, de maneira a criar suportes para as partes do experimento, principalmente para as antenas log-periódica. Em termos computacionais, houve a necessidade de instalação de um novo sistema operacional no computador destinado ao projeto, bem como a inserção de novos aplicativos, uma vez que havia restrições provenientes de configurações prévias. Necessitou-se, portanto, de uma ferramenta que possibilitasse a transferência de arquivos de dispositivos Windows para Linux, além de ser preciso a realização de reparos no mesmo para que funcionasse de maneira correta. Este artigo possui como finalidade explicar estas atividades de aperfeiçoamento do sistema, relacionando-as ao tema abordado.

### **INTRODUÇÃO:**

Em termos experimentais, o método de espaço livre é indicado para a caracterização de diversos tipos de amostras de materiais [1, 2]. Entretanto, existem desafios típicos, tanto pela característica aberta do ambiente de medição, quanto pelos altos custos envolvidos em estruturas de medição tradicionais, uma vez que utilizam-se analisadores de rede vetorial e antenas corneta banda larga. Destaca-se que, mesmo ao utilizar itens de alta qualidade, podem ocorrer ruídos externos, ressonâncias nas amostras, divergência nos algoritmos de extração e sensibilidade a leves variações de fase. Um típico setup de medição envolve equipamentos delicados e de alto custo, de maneira a dificultar a aplicação prática em problemas específicos na indústria, por exemplo. Estes aspectos técnicos são discutidos em trabalhos como [3, 4]. Devido a essas implicações e aos orçamentos limitados, em situações onde os comportamentos básicos são o alvo de investigação, a caracterização pode ter que ser feita com um setup de medição mais acessível e simples, desde que seja de uma qualidade adequada e aceitável. Neste contexto, o uso de rádios definidos por software se torna uma opção interessante [5].

O método do espaço-livre pode ser caracterizado como uma técnica utilizada para analisar o comportamento de ondas eletromagnéticas à medida que se propagam distantes da fonte. O princípio básico desse método é que, à medida que a distância da fonte de ondas aumenta, a região em torno da fonte pode ser considerada como um espaço livre, no qual os efeitos de reflexão, difração e interferência são negligenciáveis. Ondas eletromagnéticas em conformidade com este preceito se propagam como ondas planas, isto é, elas possuem um valor constante ao longo do trajeto.

Com base nas principais ideias expostas, é possível realizar um estudo comportamental de ondas eletromagnéticas em espaço-livre com o objetivo de caracterizar amostras de materiais.

## METODOLOGIA:

Suportes adequados fazem parte das melhorias no *setup* de medição, uma vez que contribuem para um melhor ambiente no entorno da antena, para que as mesmas possam ser suportadas de modo firme e, assim, captar e irradiar as ondas eletromagnéticas com mais estabilidade. Para tanto, baseou-se nas medidas fornecidas pelo fabricante, conforme Fig. 1, além de medições das peças. Na sequência, as mesmas foram convertidas para um documento adequado.

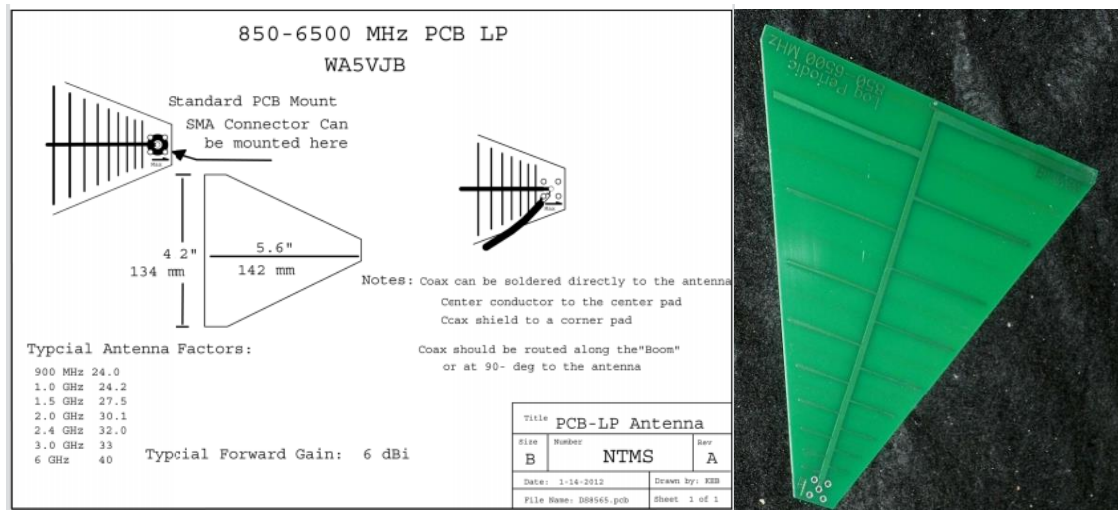


Fig. 1 - Características e foto do modelo de antena usada no projeto [6].

Posteriormente, tendo-se as medidas necessárias, realizou-se a criação de peças capazes de dar suporte a antena via programa Solidworks 2016, tornando-se propício o desenvolvimento de suportes adequados para esse dispositivo, permitindo uma angulação ideal em se tratando de sua montagem.

No entanto, embora a concepção da parte física do projeto seja importante, ainda é necessário definir como seria executado o código, tornando necessário sua aprendizagem. Diante desse cenário, iniciou-se a parte de pesquisa sobre o controle do sistema a partir do Matlab. Estudou-se e suas possibilidades em relação à rotação da montagem, bem como ajustes em questão do tempo e eficiência em relação ao proposto.

Para a execução do sistema, necessita-se de um computador que suporte a instalação dos programas, bem como que se mostre capaz de permanecer continuamente ligado, de modo a realizar medições e interpretá-las graficamente. Todavia, como o equipamento disponibilizado possui uma versão do sistema operacional Ubuntu, suas capacidades operacionais eram limitadas, além de possuir restrições quanto acesso e navegação, sendo necessário, portanto, a realização de sua formatação para atender ao exigido. Cabe ressaltar que a versão anterior do *setup* de medição foi realizada em ambiente Windows em outro computador, o que tornaria importante a continuidade do uso do mesmo sistema operacional.

Como procedimento inicial, foi necessário ajustar a data do dispositivo por meio de um comando interno na BIOS, de forma a tornar propício o acesso à internet, limitado por uma configuração prévia. Uma vez realizada tal tarefa, havia uma problemática em relação à transferência de arquivos por se tratar de um computador Linux, enquanto os apresentados em outros laboratórios do campus, bem como o utilizado de maneira remota, se tratavam de equipamentos com o Windows instalado. De maneira a solucionar esse problema, configurou-se um pendrive bootável, isto é, um aparelho capaz de proporcionar adequadamente essa conversão à despeito do aparato em uso, de modo a perpetuar a busca por soluções de outras limitações desse dispositivo (tal como sua capacidade de realizar downloads) à medida que o projeto se desenvolve.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES:

A execução da parte física do projeto resultou na modelagem do suporte das antenas, favorecendo a criação de uma peça eficiente em relação a fixação da antena, além de uma base que permitisse maior mobilidade em relação a suas capacidades rotacionais, conforme mostrado na Fig. 2

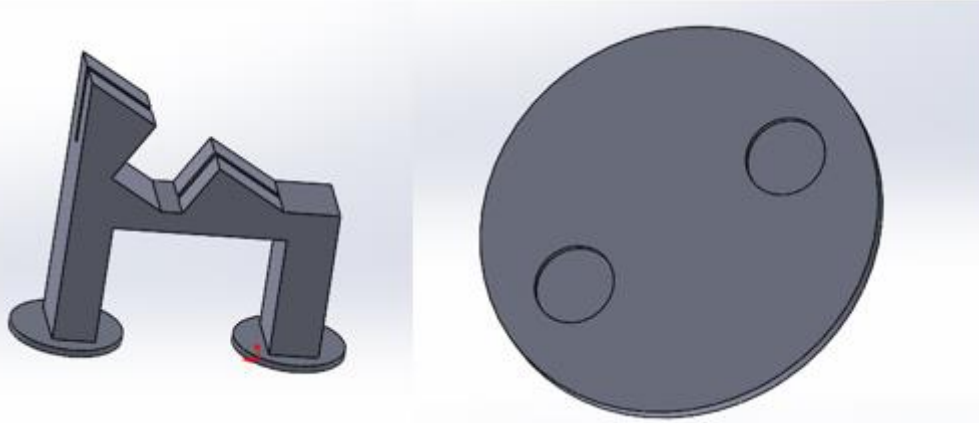


Fig. 2 - Modelagem do suporte das antenas.

O progresso em relação à parte computacional se mostrou limitado, uma vez que carece de maior estudo da arquitetura e das linguagens de programação utilizadas. Houve consulta a referências diversas, bem como colaboração por parte dos servidores do campus. Espera-se que este apoio contribua para a compreensão sobre o uso do Matlab para a finalidade proposta.

Os ajustes no computador se mostraram desafiadores, embora grande parte fosse possível de ser realizada. A Fig. 3 mostra algumas configurações do sistema. A configuração do pendrive bootável ocorreu corretamente, permitindo a transferência de arquivos em diferentes dispositivos utilizados. Todavia, apesar de grande parte das configurações internas ocorrerem de maneira correta, ainda existem limitações quanto à instalação de programas essenciais para dar prosseguimento à execução de experimentos de medição de materiais.

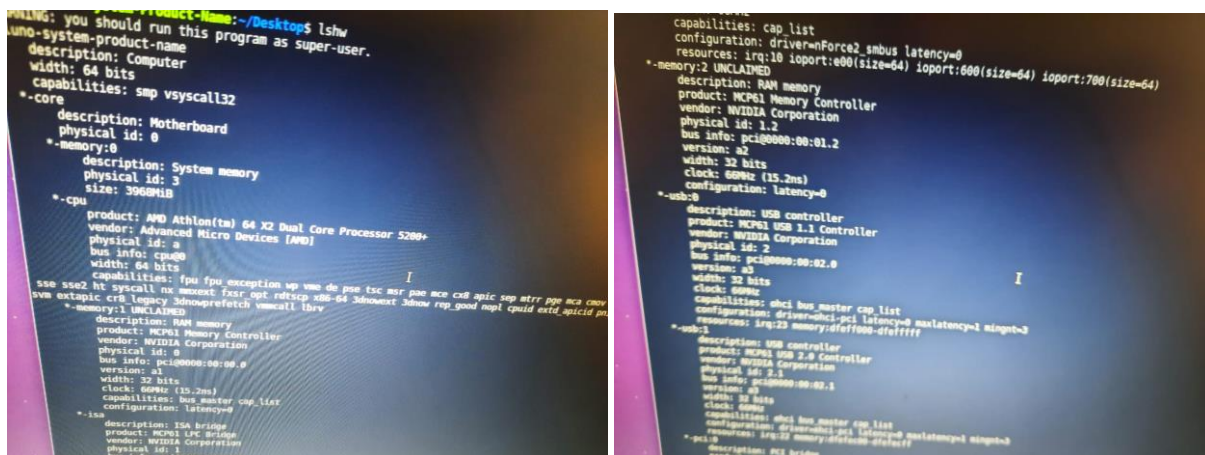


Fig. 3 - Telas de configuração do computador em uso.

## CONCLUSÕES:

Este trabalho descreveu a modelagem de peças que têm a finalidade de serem suporte das antenas do projeto de medição de materiais pelo método de espaço livre. Os modelos foram realizados no software Solidworks 2016, baseados nas dimensões das antenas e com encaixes adequados. Em relação ao desenvolvimento da parte computacional, existe uma grande variedade de configurações, comandos e possibilidades de códigos advindas do aplicativo Matlab. Este ambiente se mostra como um facilitador no que diz respeito à abordagens gráficas e suas relações com controle de sistemas.

Por sua vez, em relação à formatação e configuração do novo sistema operacional, houve diversos limitadores, os quais foram parcialmente contornados para o prosseguimento do projeto, principalmente em relação à instalação de arquivos, atualmente com bloqueios. Desta forma, mostra-se fundamental a busca pela instalação de um sistema operacional adequado e que suporte as limitações impostas pelo dispositivo. Tendo isso em vista, é cabível uma constante procura por soluções para o projeto, de modo a encontrar configurações apropriadas.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

- [1] L. F. Chen; C. K. Ong; C. P. Neo; V. V. Varadan. **Microwave Electronics: Measurement and Materials Characterization**, 2004.
- [2] E. Ozbay; K. Aydin; E. Cubukcu; M. Bayindir. **Transmission and reflection properties of composite double negative metamaterials in free space**. IEEE Transactions on Antennas and Propagation. 2003.
- [3] Gonçalves, F. J. F. **Medição das Propriedades Constitutivas Eletromagnéticas na Faixa de 1 a 6 GHz pelo Método do Espaço-Livre**. Dissertação de Mestrado (2012). Disponível em <http://www.ppgee.ufmg.br/defesas/883M.PDF>.
- [4] Gonçalves, Fábio; Pinto, Alfred; Mesquita, Renato; Silva, Elson; Brancaccio, Adriana. **Free-Space Materials Characterization by Reflection and Transmission Measurements using Frequency-by-Frequency and Multi-Frequency Algorithms**. ELECTRONICS, v. 7, p. 260, 2018.
- [5] Analog Devices. **Adalm Pluto Software Defined Radio Product Highlight**. Disponível em <https://www.analog.com/media/en/news-marketing-collateral/product-highlight/ADALM-PLUTO-Product-Highlight.pdf>
- [6] Kent Electronics. **Printed Circuit Board Antennas - Log Periodic**. Disponível em <https://www.wa5vjb.com/products1.html>