

## FABRICAÇÃO E CONSTRUÇÃO DE ANTENAS PARA APLICAÇÃO EM BANDA LARGA.

Caio C. F. Nunes<sup>1</sup> (IC), Fernanda R. Da Silva (PQ)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Itajubá

**Palavras-chave:** Banda Larga. Antenas. Microfita. MIMO. Fractais

### Introdução

Antenas são dispositivos capazes de transmitir sinais elétricos contendo informação (dados) através de ondas eletromagnéticas e estão presentes nos mais diversos equipamentos em nossa sociedade, sendo indispensáveis no mundo contemporâneo.

Deste modo se torna essencial a busca por antenas que reduzam o uso de materiais em sua produção, possibilitando a criação de dispositivos mais compactos e conseqüentemente mais acessíveis para a população. Neste contexto, devido à característica de preenchimento de espaço e auto similaridade dos fractais, o estudo de antenas fractais se tornou um dos principais assuntos de pesquisa no campo da teoria de antenas. Em suma, o uso de fractais em antenas possibilita a redução de suas dimensões sem que ocorra a degradação dos parâmetros essenciais para um bom funcionamento da mesma. Também é de grande importância a pesquisa por dispositivos que proporcionem uma maior qualidade e confiabilidade dos serviços de transmissão de dados além da operação em diferentes frequências, chamada de operação em multibanda. Para se alcançar tal objetivo, o estudo da configuração MIMO em antenas se tornou foco das pesquisas na área de telecomunicações nos últimos anos, principalmente devido à crescente demanda por *smart devices*, que normalmente têm operação em multibandas, sendo as bandas de 2,4GHz e 5GHz as mais comuns nestes tipos de aparelhos.

De forma geral, esta pesquisa tem como objetivos: o projeto seguido pela fabricação e finalmente a verificação, através de testes utilizando um analisador de rede (VNA), de três antenas de microfita que foram projetadas tanto na configuração SISO quanto na configuração MIMO, visando a operação em banda larga, em especial, para a operação na frequência de 3,5 GHz, utilizada para o 5G no Brasil.

A contribuição científica deste trabalho é o desenvolvimento de uma metodologia prática e acessível de testes para antenas de microfita, algo que ainda carece de atenção no meio científico brasileiro auxiliando futuras pesquisas no contexto de antenas.

### Metodologia

Segundo [1] uma antena de microfita pode ser projetada em função da sua frequência de operação através de

equações empíricas que envolvem parâmetros construtivos como: espessura do dielétrico, altura e comprimento do dielétrico, o material utilizado como dielétrico, além das dimensões do patch de cobre. Dessa forma, através do uso destas equações, foi desenvolvido um código através do software *Octave* para calcular tanto as dimensões do patch, quanto para gerar as respectivas iterações da geometria fractal Koch de terceira ordem. Os pontos gerados pelo código no *Octave* foram exportados através de um arquivo .txt e foram importados para o software *CSTStudio*, que realiza as simulações de ondas eletromagnéticas com a finalidade de se obter as figuras de mérito de cada uma das antenas projetadas. A Figura 1 apresenta o processo de exportação dos pontos do *Octave* para o *CSTStudio*.

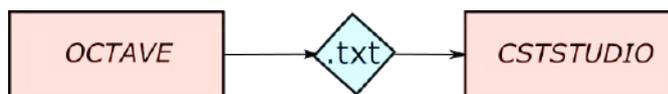


Figura 1 – Fluxograma do processo de exportação dos pontos

As antenas do tipo MIMO foram confeccionadas diretamente no *CSTStudio* utilizando as ferramentas de criação de retângulos para gerar os anéis presentes em sua configuração. Para que fosse possível realizar a produção da antena projetada foi feita a exportação do arquivo no formato .dxf para o software *EASYEDA*, software este gratuito, do tipo CAD com foco no desenvolvimento de placas de circuito impresso (PCB). A Figura 2 demonstra um diagrama de blocos do processo anteriormente mencionado.

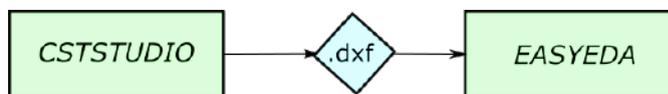


Figura 2 – Fluxograma do processo de exportação dos pontos

A Figura 3 apresenta, como exemplo, a confecção da antena fractal Koch no software *EASYEDA*. Após a confecção das antenas pelo *EASYEDA* foi gerado um arquivo do tipo *Gerber*, necessário para a fabricação das antenas, e com este arquivo foi realizado o pedido das antenas na companhia JLCPCB (que pode ser acessada através do site [www.jlpcb.com](http://www.jlpcb.com)).

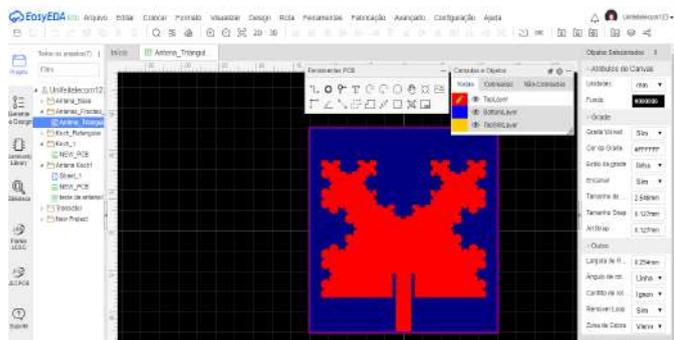


Figura 3 - Confeção de uma antena através do EASYEDA.

Na Figura 4 é apresentado, respectivamente (de cima para baixo), as antenas: base, fractal Koch triangular e fractal Koch retangular, que foram fabricadas ao longo desta pesquisa.



Figura 4 – Antenas fabricadas para testes.

Após as confecções das antenas e de sua fabricação através do EASYEDA foram feitos testes utilizando um analisador de Rede (VNA) que tem como objetivo medir a perda de retorno ( $S_{11}$ ) da antena, parâmetro fundamental para avaliar a operação de determinada antena na frequência de projeto. A Figura 5 apresenta o analisador de redes (VNA), medindo a antena fractal Koch triangular, utilizado para fazer a medição do  $S_{11}$  das antenas fabricadas neste trabalho.



Figura 5 – Exemplo de medição da antena Koch fabricada.

A Figura 6 apresenta tanto a antena MIMO projetada quanto o processo de checagem de suas medidas através de um micrômetro digital, processo este necessário para conferir se as antenas fabricadas estavam dentro do projeto simulado, garantindo assim sua correta operação.



Figura 6 – Medição das dimensões da antena MIMO fabricada.

O resumo da metodologia apresentada por este trabalho é ilustrada na Figura 7.

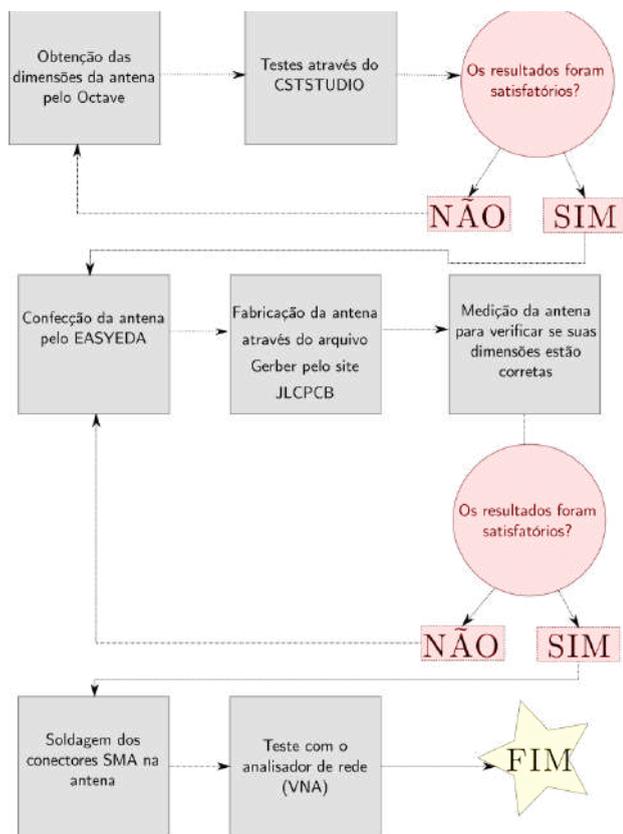


Figura 7 – Fluxograma da metodologia adotada

### Resultados e discussão

A comparação do S11 obtido por simulação e por medição para a antena base pode ser vista na Figura 8. A antena base medida através do analisador de rede obteve bons resultados quando comparada com sua simulação considerando que qualquer distúrbio decorrente do processo de soldagem e imperfeições tanto do material dielétrico quanto do processo de fabricação poderiam influenciar a performance final da antena. Tendo isso em mente, os resultados obtidos foram considerados dentro da tolerância de erro. O desvio de frequência visto na figura foi considerado dentro da margem de erro do medidor (150MHz).

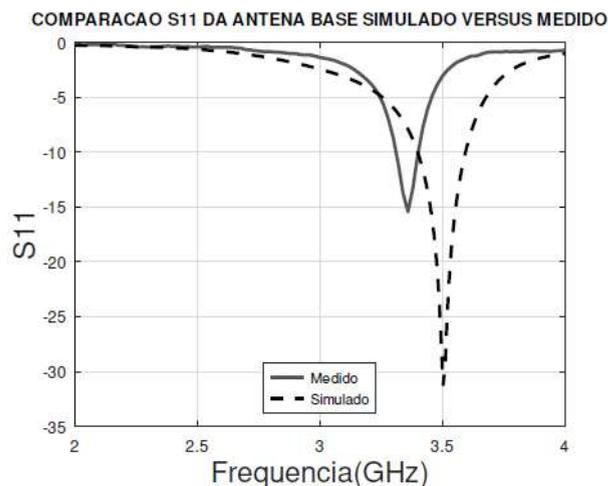


Figura 8 – Comparação entre S11 simulado e medido da antena Base

Com uma melhor técnica de soldagem foi feito o teste da antena fractal Koch triangular. A Figura 9 apresenta as medições desta antena. Ao utilizar de uma técnica de soldagem adequada obteve-se um resultado quase idêntico ao simulado.

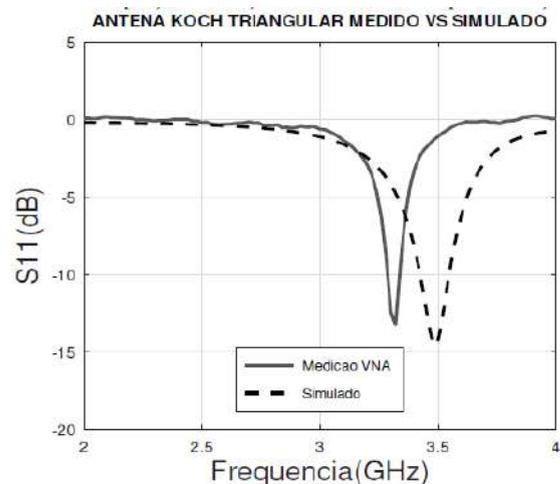


Figura 9 – Comparação entre S11 simulado e medido da antena Koch triangular

Com o objetivo de comprovar o uso dos fractais nas antenas de microfita, foi feito um levantamento dos custos de fabricação das antenas base e Koch triangular anteriormente apresentadas. Esse levantamento pode ser visto na Tabela 1. Através da Tabela 1 percebe-se a vantagem do uso dos fractais na redução da quantidade de material utilizado e, conseqüente, da redução do custo de fabricação. No caso da antena fractal triangular Koch, **foi verificado uma redução de 50% do valor referente à antena base**. Desta forma, para determinadas aplicações, pode-se adotar uma antena funcional e acessível utilizando o fractal Koch triangular.

TIPO	PREÇO(US\$)	PREÇO (R\$)
ANTENA BASE	US\$ 4,00	R\$ 19,60
ANTENA KOCH TRIANGULAR	US\$2,00	R\$ 9,80

Tabela 1 – Comparação entre custos de fabricação

A comparação entre a simulação e a medição da antena MIMO pode ser vista na Figura 10. É possível perceber através deste resultado que a antena MIMO apresentou um excelente resultado em relação ao seu projeto. Operando com valor de perda de retorno ( $S_{11}$ ) abaixo dos -10dB próximo das frequências de 2,3 GHz e 3,5GHz. Com isso concluiu-se e validou-se a ótima performance desta antena para aplicação em multibandas.

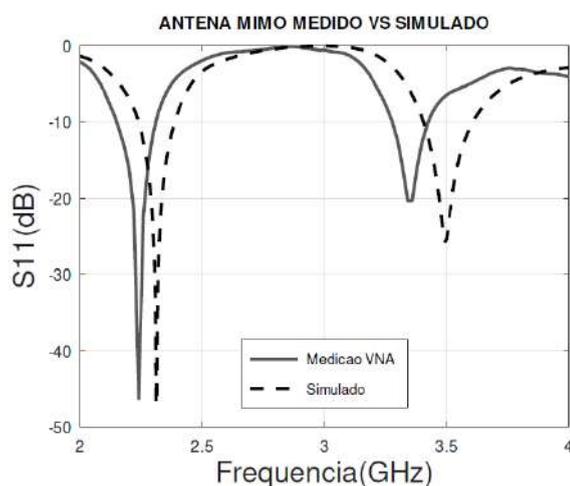


Figura 10 – Comparação entre  $S_{11}$  simulado e medido da antena MIMO

### Conclusões

Pelo presente trabalho foi possível projetar, analisar e comprovar através de testes com o analisador de rede o comportamento de antenas de microfita na configuração SISO utilizando o fractal de Koch triangular com operação na banda de 3,5 GHz além do teste de uma antena com geometria de anel com configuração MIMO para operação em multibanda (2,3 GHz e 3,5GHz). A conclusão aqui obtida é que as metodologias propostas por este trabalho são eficazes para futuros testes em antenas de microfita. Ademais, as medições realizadas (e apresentadas no presente trabalho) nas antenas se assemelham bastante aquelas simuladas via *CSTStudio* na frequência de operação projetada. Os resultados aqui obtidos são considerados animadores e apresentam uma nova metodologia a ser aplicada em futuros projetos de antenas.

### Agradecimentos

Agradeço primeiramente ao CNPq e a Universidade Federal de Itajubá pela enorme oportunidade em realizar esta pesquisa, além do financiamento ao longo deste período através da bolsa PIBIC. Agradeço também à

minha orientadora, Dra.Fernanda Rodrigues da Silva, por seus ensinamentos e, principalmente, por sua paciência e calma ao longo deste tempo me orientando.

### Referências

- [1] BALANIS, C. A. Antenna theory analysis and design. [s.l.] Hoboken, New Jersey Wiley, 2016.
- [3] PARAGYA;DHATU;SISWONO;HARTONO. (2020). 3.5 GHz Rectangular Patch Microstrip Antenna with Defected Ground Structure for 5G. ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika. 8. 31. 10.26760/elkomika.v8i1.31.
- [4] MINIATURIZAÇÃO DE ANTENAS TIPO PATCH RETANGULAR EM MICROFITA UTILIZANDO A CURVA FRACTAL DE KOCH Elder Eldervitch C. de OLIVEIRA (1); Paulo H. da F. SILVA (2); Sandro G. da Silva(3). Connepi, 2008.