

# **PROJETO DE UMA REDE LINEAR DE ANTENAS COM APONTAMENTO PRINCIPAL EM 20°**

**Geovana Oliveira de Araujo**<sup>1</sup>

**Wellington Lopes de Freitas**<sup>2</sup>

**Marcos Vinicio Thomas Heckler**<sup>3</sup>

## **Resumo:**

Este trabalho apresenta o projeto de uma rede linear de antenas em tecnologia de microfita para funcionamento em 2,6 GHz, que se situa em uma das bandas alocadas para telefonia móvel de 4ª Geração (4G), com apontamento do lóbulo principal do diagrama de irradiação defasado em 20° em relação a . Este projeto foi realizado no semestre 2017/1 no âmbito da disciplina Antenas do curso de graduação em Engenharia de Telecomunicações. O projeto foi proposto pelo professor como alternativa à execução de experimentos isolados, e aspirava a proporcionar aos discentes uma real experiência de projetos de sistemas irradiantes em tecnologia de microfita.

**Palavras-chave:** Antenas, Microfita

**Modalidade de Participação:** Iniciação Científica

## **PROJETO DE UMA REDE LINEAR DE ANTENAS COM APONTAMENTO PRINCIPAL EM 20°**

<sup>1</sup> Aluno de graduação. geovana.araujo94@gmail.com. Autor principal

<sup>2</sup> Aluno de graduação. wellington.frts@gmail.com. Co-autor

<sup>3</sup> Docente. marcosheckler@unipampa.edu.br. Orientador



## **Projeto de uma Rede Linear de Antenas em Microfita em 2,6 GHz com Apontamento do Lóbulo Principal em 20°**

### **1. INTRODUÇÃO**

Antenas de microfita despertaram o interesse de pesquisadores por serem amplamente utilizadas em aeronaves, sistemas de comunicações móveis e satélites. Além disso, esta classe de antenas apresenta peso e volume reduzidos, bom desempenho combinado ao baixo custo de manufatura usando técnicas modernas de circuito impresso, baixo perfil aerodinâmico, podendo ser moldada a superfícies planas ou curvas. Ademais de suas vantagens física, essa classe de antenas também apresenta outras características importantes, tais como largura de banda estreita, facilidade de integração com circuitos discretos ativos e passivos e flexibilidade em termos de polarização e impedância de entrada. [1]

Em diversas aplicações é necessário projetar antenas com ganhos relativamente altos (antenas diretivas). E, essa característica pode ser obtida aumentando o tamanho elétrico do elemento simples. Porém, outra maneira de se obter a mesma especificação é aumentar a área efetiva da antena, sem necessariamente aumentar-se apenas o tamanho do elemento isolado. Assim, essa nova antena, consiste de vários elementos simples e é denominada rede de antenas. Na maioria dos casos essa combinação é com elementos idênticos e segue uma distribuição espacial organizada das antenas.

Essa técnica também pode ser adotada para prover flexibilidade em termos da direção de apontamento do lóbulo principal do diagrama de irradiação por meio das correntes de excitação e respectivas fases. Uma rede é dita linear quando os elementos estão dispostos em apenas uma orientação e, é dita planar quando estão dispostos ao longo de dois eixos do plano cartesiano. [2]

Este trabalho apresenta o projeto de uma rede linear de antenas em microfita para funcionamento em 2,6 GHz, que se situa em uma das bandas alocadas para telefonia móvel de 4ª Geração (4G), com apontamento do lóbulo principal do diagrama de irradiação defasado em 20° em relação a  $\theta$ . Este projeto foi realizado no semestre 2017/1 no âmbito da disciplina Antenas do curso de graduação em Engenharia de Telecomunicações. O projeto foi proposto pelo professor como alternativa à execução de experimentos isolados, e aspirava a proporcionar aos discentes uma real experiência de projetos de sistemas irradiantes em tecnologia de microfita.

### **2. METODOLOGIA**

A metodologia empregada para o projeto orientado foi o estabelecimento de metas, que foram cumpridas pelos discentes após cada aula prática. Para o completo aprendizado da teoria vista em sala de aula, os discentes realizaram cálculos empregando técnicas aproximadas e amplamente encontradas na literatura da área. Em seguida, a estrutura foi modelada em um simulador eletromagnético, que foi empregado para otimização da estrutura.

Seguindo a metodologia acima, foi desenvolvido o elemento simples da rede a fim de validar o procedimento de simulação (através do software ANSYS<sup>TM</sup> HFSS<sup>®</sup>) e construção. Em seguida, a rede em si foi projetada. Para ambos os casos foram implementados códigos no software MATLAB<sup>®</sup> para cálculos de diagrama de

irradiação e diretividade a fim de comparação com os resultados de simulação e medição. Para a escrita destes códigos, foi necessário um estudo aprofundado de três das seis unidades em que o conteúdo da disciplina está distribuído.

A rede de antenas projetada teve as seguintes diretrizes iniciais:

- Característica Principal: Apontamento do lóbulo principal em  $20^\circ$ ;
- Composição ao longo do plano E;
- Frequência central de operação: 2,6 GHz;
- Impedância de entrada:  $50\Omega$ ;
- Baixa interação entre antenas e sistema alimentador;
- Utilizar laminado FR4 ( $\epsilon_r = 4,1$ ;  $\tan \delta = 0,02$  e  $h = 1,6$  mm);
- Alimentação através de via metálica (prova coaxial);
- Polarização: Linear.
- Rede com 4 elementos simples com espaçamento entre cada elemento de  $0.55\lambda$ .

A seção transversal do elemento simples é mostrada na Fig.1. Como pode ser observado, a estrutura é composta por duas camadas de substrato (FR4) com uma camada de ar no meio. A primeira camada possui o patch e a segunda camada é constituída pelo plano de terra (base superior) e a linha de alimentação (base inferior). A conexão do alimentador ao patch é feita através de um via metálica, sendo que o alimentador está conectado a um conector SMA. Esta configuração de alimentação, que vem a ser uma combinação do tipo linha coaxial e por acoplamento magnético vem a ser uma possível solução para se obter uma baixa interação entre as antenas e o sistema alimentador.

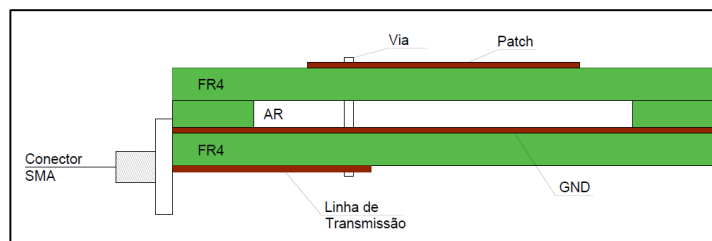


Figura 1. Seção transversal do elemento simples.

A partir das especificações na seção anterior, foi desenvolvido um código em MATLAB® para o cálculo das dimensões físicas do elemento simples utilizando o método da linha de transmissão. Este método considera a antena como duas fendas, separadas por uma distância  $L$ .

Com a aplicação do método da linha de transmissão, obteve-se os parâmetros físicos do pré-projeto do elemento simples. Como o método da linha de transmissão é apenas uma estimativa inicial das dimensões físicas da antena realizou-se a simulação no software ANSYS™ HFSS® para fins de validação dos valores dos parâmetros iniciais para a construção do protótipo do elemento simples.

Depois da validação do protótipo do elemento simples fora iniciado a simulação da rede de antenas e seu circuito alimentador (divisor de potência Junção T). Posteriormente, foi realizada a construção desses dois protótipos e, finalmente, montada a rede final desejada.

Assim como para o elemento simples também fora medido o coeficiente de reflexão da rede através do analisador de redes. Além disso, realizou-se uma medição em campo distante da rede para obter o diagrama de irradiação do projeto.

### 3. RESULTADOS e DISCUSSÃO

Através do método da linha de transmissão, obtiveram-se os parâmetros físicos do pré-projeto do elemento simples, assim como as devidas correções através de simulações no software ANSYS<sup>TM</sup> HFSS<sup>®</sup> até que não houvesse um deslocamento em frequência no coeficiente de reflexão da antenna (S11). Também foram realizados testes de ajuste ( $\pm 3$ mm) para que na posição da ponta de prova fosse atingida a impedância de entrada correta. Os resultados obtidos estão listados na Tabela 1.

Tabela 1: Dimensões do Elemento Simples – Método da LT e parâmetros ajustados.

|                                       | Método da LT | Corrigido |
|---------------------------------------|--------------|-----------|
| Largura do patch                      | 43,33mm      | 47,72mm   |
| Altura do patch                       | 34,50mm      | 38,02mm   |
| Comprimento das franjas de irradiação | 1,6093mm     | 1,6093mm  |
| Posição da ponta de prova             | 10,0694mm    | 7,0694mm  |

Após a construção do elemento simples com as dimensões corrigidas fora medido o coeficiente de reflexão através do analisador de redes e comparado sua curva com a curva obtida pelo software ANSYS<sup>TM</sup> HFSS<sup>®</sup>, mostrado na Fig.2

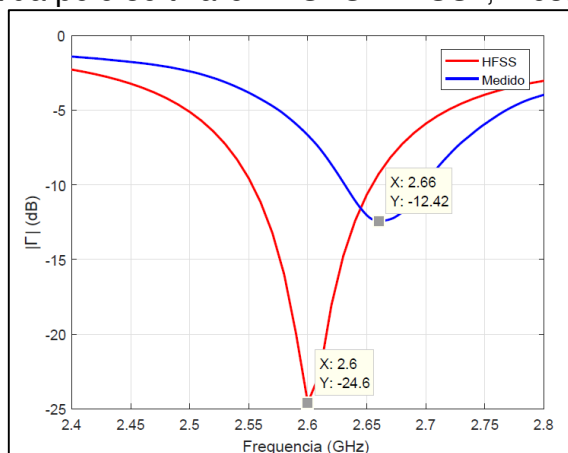


Figura 2. Coeficiente de reflexão do elemento simples.

Nota-se que a frequência central do protótipo ficou 60 MHz acima da frequência de operação desejada para um módulo do coeficiente de reflexão de -24,6 dB, enquanto nas simulações a frequência central se manteve em 2; 6 GHz. Foi então verificado que no momento da simulação houve um equívoco na escolha do substrato. O substrato FR4 presente no software ANSYS<sup>TM</sup> HFSS<sup>®</sup> possui a constante dielétrica igual a 4,4 e a especificação do material presente na UNIPAMPA é de 4,1, valor este utilizado, também, no método de linha de transmissão. Este fato, possivelmente foi a causa do deslocamento em frequência das características elétricas do protótipo. Com esta observação, nas simulações posteriores foi considerado um FR4 com constante dielétrica de 4,1.

Após isso, a rede final e seu alimentador começaram a ser projetados e simulados. A especificação da rede (4 elementos e o espaçamento) já estavam

definidos no início do projeto. Já para que o circuito alimentador que atendesse as especificações, projetaram-se 2 divisores de Junção T de -6 dB em cada terminal, logo, cada saída terá  $\frac{1}{4}$  do sinal de entrada. Já a defasagem  $\beta$  entre saídas adjacentes foi igual a  $67,71^\circ$ . Porém, com este valor, o lóbulo principal encontrado não apontava no ângulo desejado (aproximadamente em  $18^\circ$ ). Foram, então, realizadas simulações no software MATLAB® de maneira empírica até que o diagrama da rede atendesse a especificação desejada.

Finalmente o protótipo da rede e de seu circuito alimentador foi construído, conforme mostrado na Fig 3.



Figura 3. Protótipo da rede de antenas e de seu circuito alimentador.

Para validar o trabalho, com o protótipo de rede devidamente montada (colados os espaçadores entre os dois substratos e soldado o conector SMA) foi possível medir o parâmetro S11. A Fig. 4 mostra a comparação entre os dados obtidos na prática e na teoria. É possível observar que ambas as curvas não estão bem centradas em 2,6GHz, porém na frequência de interesse, elas estão bem próximas e abaixo de -10dB (em torno de -20dB), valores esses, considerados satisfatórios.

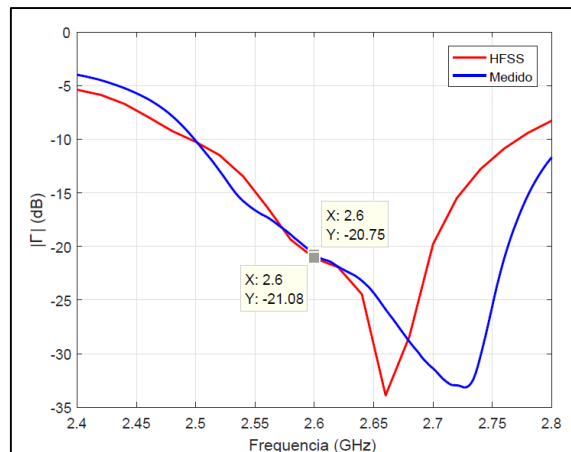


Figura 4. Coeficiente de Reflexão da Rede.

Já para a obtenção o diagrama de irradiação na prática, foi medido o campo na região distante da antena, ou região de Fraunhofer. Nessa região a distribuição angular dos campos independe da distância da antena. Nessa medição o ângulo  $\Phi$  foi mantido constante e o ângulo  $\theta$  variado de 5 em 5 graus. No caso do resultado obtido através do MATLAB®, é possível verificar que a curva obtida não considera os lóbulos traseiros. Já a simulação e a medição prática foram bastante coerentes no lóbulo principal. Para a região traseira ( $\theta$  entre  $90^\circ$  e  $180^\circ$ ) é possível observar uma

discrepância entre as curvas medida e simulada, fato esse em decorrência da imprecisão na medição.

Na Fig.5 é possível observar os três diagramas de irradiação no Plano E obtidos.

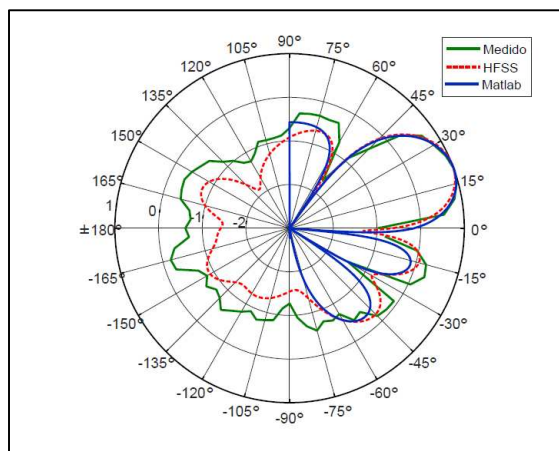


Figura 5. Diagrama de irradiação normalizado da rede de antenas – Plano E.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente trabalho, um relato da metodologia de projeto orientado aplicado à disciplina de antenas do curso de graduação em Engenharia de Telecomunicações é descrito. Foram descritos todos os métodos utilizados para a construção de uma rede de antenas com as especificações determinadas do projeto. Para isso, inicialmente foi projetado e validado o elemento simples, fazendo as devidas correções para que posteriormente fosse projetada e construída a rede.

Para a construção da rede, foi necessário desenvolver o circuito alimentador, de modo que todas as portas tivessem a mesma amplitude de corrente e diferentes fases, a fim de satisfazer a especificação do ângulo de máximo apontamento do lóbulo principal em 20°.

Através das medições realizadas, o protótipo construído pôde ser validado. Na frequência de interesse, em 2,62 GHz, obteve-se -20dB de módulo de coeficiente de reflexão, valor este considerado satisfatório. No caso da diretividade, a simulação no ANSYS<sup>TM</sup> HFSS® não atingiu o valor de simulação no MATLAB®, ficando abaixo em 0,95dBi.

No entanto, os diagramas de irradiação tanto o medido quanto os obtidos no ANSYS<sup>TM</sup> HFSS® e no MATLAB® foram semelhantes no lóbulo principal, fazendo com que assim os resultados foram encontrados fossem considerados adequados.

Com a experiência do projeto orientado, os alunos tiveram a oportunidade de realizar um projeto passando por todas as fases: cálculos iniciais, otimização do elemento simples, otimização do alimentador da rede, e realização das medidas de caracterização dos protótipos. Tal vivência é fundamental para o real aprendizado das técnicas de Engenharia de Antenas.

#### 5. REFERÊNCIAS

- [1] B. A. Constantine, Antenna Theory: Analysis and Design, 3rd ed. New Jersey, NY, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2005.
- [2] W. L. Stutzman and G. A. Thiele, Antenna Theory and Design, 3rd ed. New Jersey, NY, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2012.