

## Sumário

1. Introdução.....	2
2. Projeto de Antena Microfita e do Arranjo.....	3
2.1. Geometria do Arranjo de Antena Microfita.....	3
2.2.Simulação Através do Método Aproximado.....	4
3. Simulação da Antena Projetada Através do Software Profissional.....	6
4. Fabricação de Protótipo.....	8
5. Conclusão.....	9
6. Referências.....	10

## 1. Introdução

Os equipamentos dos sistemas de comunicações atuais tornam-se cada vez mais pequenas, com alto desempenho, leves, fácil de integração. Isto faz com que os dispositivos como antenas utilizados nestes sistemas de comunicações também devem seguir estes critérios. Portanto, antenas de microfitas são as antenas que atendem estes requisitos de sistemas de comunicações.

As antenas de microfitas são discretas, moldáveis a superfícies planas e não-planas, de construção simples e de baixo custo com a tecnologia de circuitos impressos, mecanicamente robustas quando montadas em superfície rígida. Versatilidade em termos de frequência de ressonância, polarização, diagrama de radiação de impedância também são características das antenas de microfitas [1].

Existem vários tipos de antena de microfita, como patch, monopólio e PIFA (*Planar Inverted-F Antenna*) são exemplos de antenas utilizadas nos sistemas de comunicação sem fio, atualmente [2].

Entre estas antenas de microfitas, destaca-se a do tipo patch, que é formada basicamente por um elemento irradiante impresso sobre um substrato dielétrico e um plano de terra do outro lado. Estas antenas são compactas, de baixo custo de fabricação, adaptáveis as superfícies planas ou curvas, podem assumir qualquer formato de elemento irradiante [2].

Com todas estas características, podem ser incorporados em aeronaves, mísseis, automóveis, telefones celulares e entre outros dispositivos móveis [1].

Neste experimento tem como objetivo de projetar um arranjo linear de quatro antenas ( $1 \times 4$ ) do tipo *patch* de microfita para operar na faixa de frequência de 3,5 GHz. O arranjo é projetado em um substrato de fibra de vidro (FR-4), com  $\epsilon_r = 4,4$  e  $h = 1,57mm$  [5].

Para fazer o casamento da impedância na linha de alimentação utiliza-se um transformador de  $\lambda/4$  [5].

## 2. Projeto de Antena de Microfita e do Arranjo

### 2.1. Geometria do Arranjo de Antena de Microfita

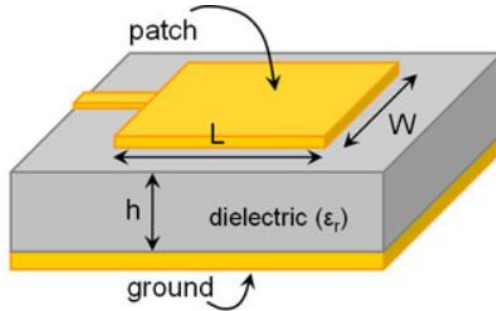


Figura 1. Estrutura da Antena Elemento. Fonte [3].

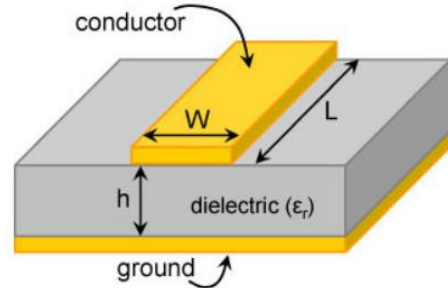


Figura 2. Estrutura de linha de alimentação da Antena. Fonte [4].

A figura 1 ilustra um elemento de uma antena microfita do tipo patch. Onde é composto por um plano de condução (patch) que geralmente é feito de cobre impresso em cima de um material dielétrico (substrato de fibra de vidro (FR-4)). O material dielétrico então é impresso em cima de plano da terra que também é feito de cobre. A radiação da antena é obtida pela geração do campo elétrico entre as duas camadas de condutor pela alimentação de uma tensão entre os dois condutores em cima e em baixo do substrato.

O arranjo da antena de microfita é feito pela conexão da linha de alimentação das antenas [figura 2]. Na conexão da linha de alimentação da antena do arranjo deve haver casamento de impedância para garantir a máxima eficiência da antena. O método para o casamento da impedância utilizado é o transformador  $\frac{\lambda}{4}$ , com a seguinte expressão:

$$Z_{in} = \frac{Z_0^2}{Z_L} \quad (1)$$

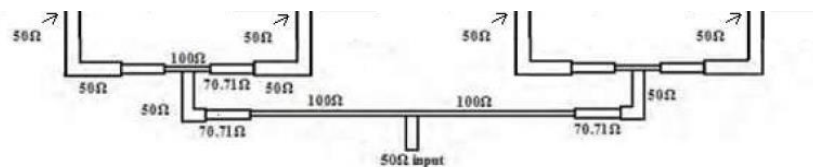
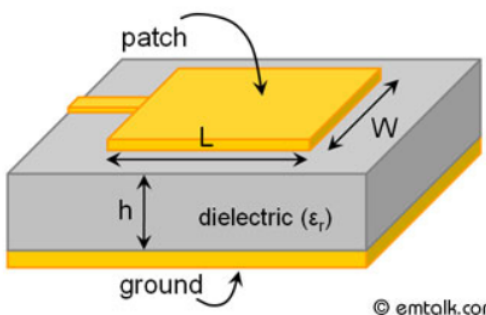


Figura 3. Conexão das linhas de alimentação das antenas. Fonte: Adaptado de [5].

## 2.2. Simulação Através de Método Aproximado

Com a geometria e o arranjo da antena definida, o próximo passo no projeto é fazer a simulação com o método aproximado. Com *Microstrip Patch Antenna Calculator* [3], fazendo a síntese podemos obter o comprimento e a largura do patch da antena [figura 1].



© emtalk.com

**Substrate Parameters**

Dielectric Constant ( $\epsilon_r$ ):

Dielectric Height (h):  mm

---

**Resonant Frequency**

$f_r$ :  GHz

**Physical Parameters**

Length (L):  mm

Width (W):  mm

**Input Impedance (Edge):**  Ohm

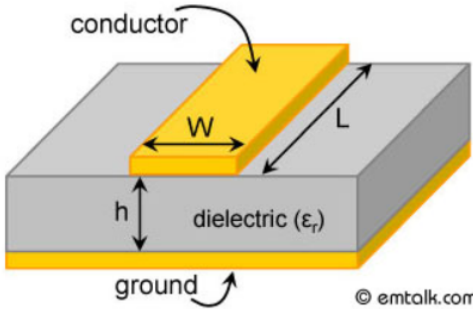
Figura 4. Resultado da Simulação do Patch. Fonte [3].

Com o resultado da figura 4 obtivemos a impedância de entrada, largura e o comprimento do patch. O próximo passo é determinar a largura e o comprimento da linha de alimentação pelo *Microstrip Line Calculator* [4]. Mas antes temos que determinar a impedância da entrada de linha pelas seguintes expressões:

$$\frac{\lambda_{LT1}}{4} = 90^\circ \quad (2)$$

$$Z0' = \sqrt{(Z_{in} \times ZL)} \quad (3)$$

Sabemos que  $Z_{in} = Z_0 = 50 \Omega$ . Pela equação (3) temos a impedância de entrada de linha igual a  $110,23 \Omega$ . Levando estes valores para *Microstrip Line Calculator* [4], e fazendo a síntese, temos o resultado como mostra a figura 5.



© emtalk.com

**Substrate Parameters**

Dielectric Constant ( $\epsilon_r$ ):

Dielectric Height (h):  mm

Frequency:  GHz

---

**Electrical Parameters**

Zo:   $\Omega$

Elec. Length:  deg

**Physical Parameters**

Width (W):  mm

Length (L):  mm

Figura 5. Resultado da simulação do comprimento e a largura da linha de alimentação da antena microfita. Fonte [4].

Com os resultados da figura 4 e 5 concluímos a parte da simulação da antena e a sua linha de alimentação. O próximo passo é determinar o comprimento e a largura das linhas da conexão do arranjo mostrado na figura 3. Através da síntese do *Microstrip Line Calculator* [4], podemos determinar o comprimento e a largura da linha para cada valor de impedância.

Impedância	Comprimento	Largura
50 $\Omega$	11,74 mm	3,00 mm
100 $\Omega$	12,33 mm	0,70 mm
70,7 $\Omega$	12,03 mm	1,60mm

Tabela 1: Resultado da Simulação do Comprimento e Largura das Conexões dos Arranjos. Fonte: Autor.

### 3. Simulação da Antena Projetada Através do Software Profissional

Com todos os parâmetros (comprimento, largura, impedâncias) da antena e da linha definida o próximo passo neste projeto é fazer a simulação com um software profissional. Para esta parte, utilizamos o software *Ansoft Hfss* para fazer a simulação e os resultados obtidas são mostrados nas figuras abaixo.

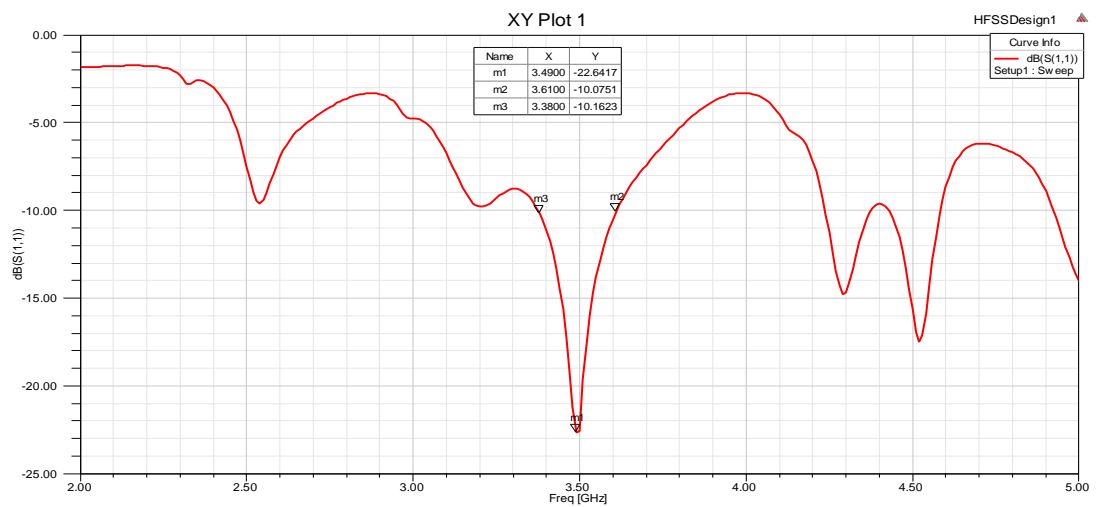


Figura 6. Coeficiente de Reflexão do Arranjo de Quatro Antenas. Fonte Autor.

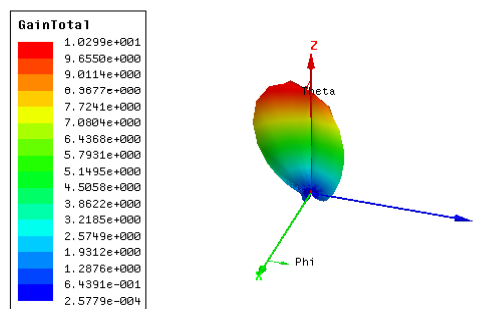


Figura 7. Ganho do Arranjo de Quatro Antenas. Fonte Autor.

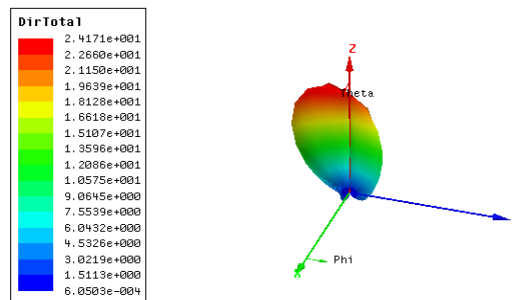


Figura 8. Diretividade do Arranjo de Quatro Antenas. Fonte Autor.

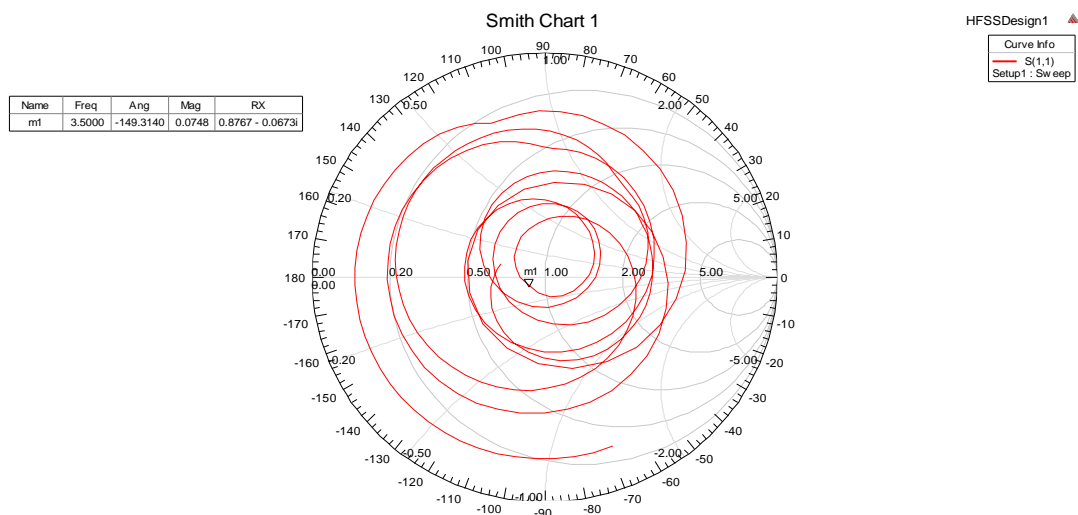


Figura 9. Carta de Smith do Arranjo de Quatro Antenas

Na figura 6 podemos observar que, a frequência de operação da antena é de 3,38 GHz com a perda de retorno igual a -10,16 dB. Portanto, temos um erro relativo aproximadamente 3,43%. Nas figuras 7 e 8, obtivemos o ganho total é de 10,29 dB e a diretividade igual 24,17 dB. Observa que a diretividade da antena é maior do que o ganho da antena porque, no cálculo do ganho da antena levar em conta todas as perdas (descasamento de impedância) relacionados aos elementos da antena. Na figura 9, obtivemos a carta de Smith com as suas impedâncias relacionadas na frequência de 3,5 GHz.

#### 4. Fabricação de Protótipo

Com todos os parâmetros (comprimento, largura, impedâncias) da antena e da linha definida e simulada, o próximo passo neste projeto é desenhar a estrutura (layout) da antena. O desenho é enviado para a gráfica para preparação do adesivo, colocação do adesivo na face superior de um laminado de fibra de vidro cobreado nas duas faces (*copper clad board*), com as dimensões apropriadas, e remoção da parte indesejada no adesivo. Proteger o plano da terra. A realização da corrosão é através de perclorato de ferro. A finalização do protótipo com a colocação do conector na porta da entrada da antena.

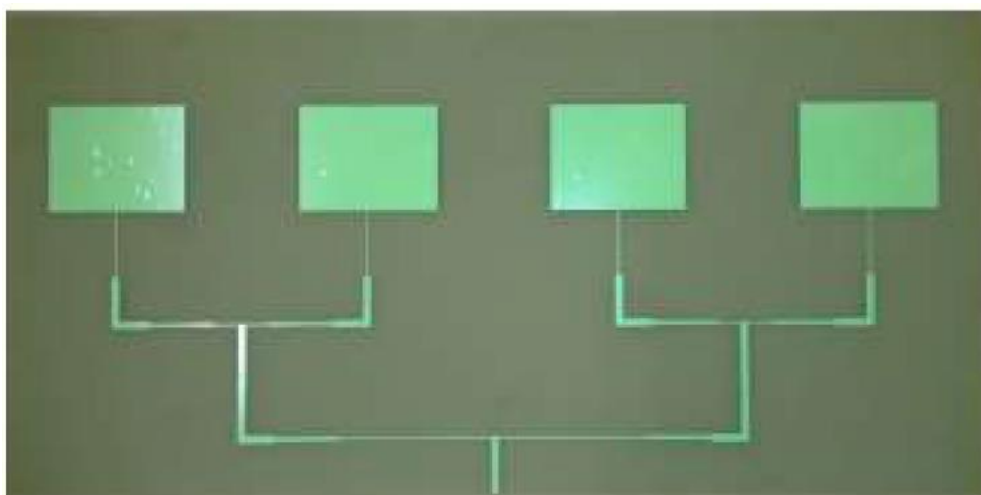


Figura 10. Confeção de Antena (Adesivo). Fonte: Adaptado de [5].



Figura 11. Corrosão da Antena. Fonte: Adaptado de [5].



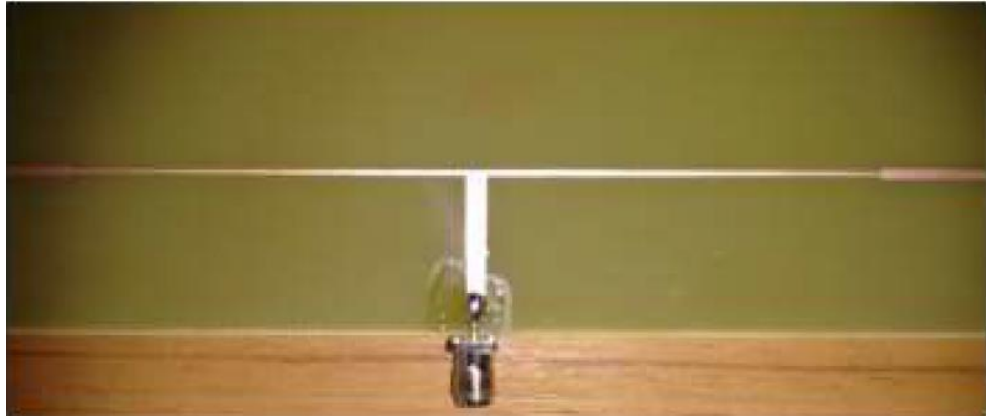


Figura 12. Implementação do Conector. Fonte: Adaptado de [5].

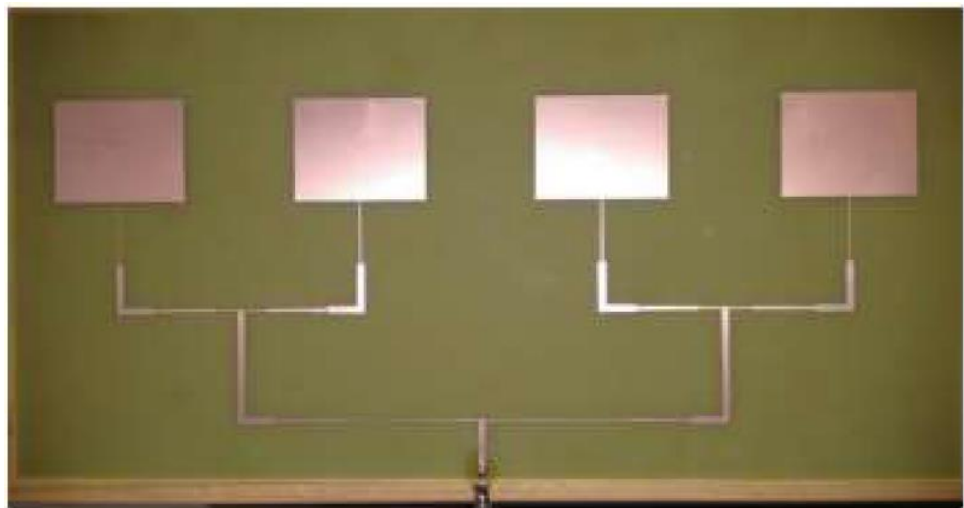


Figura 13. Arranjo Linear de Quatro Antenas ( $1 \times 4$ ) com o Conector. Fonte: Adaptado de [5].

## 5. Conclusão

Neste projeto foi desenvolvido um arranjo de quatro antenas ( $1 \times 4$ ) microfita do tipo patch. A antena microfita é para irradiar a onda eletromagnética na faixa de 3,5 GHz. A frequência de operação foi analisando calculando o erro relativo e o resultado está dentro da faixa aceitável. Os outros resultados obtidos (ganho, diretividade, carta de Smith) são analisados e caracterizados e concluímos que está de acordo com o que era esperado em teoria. Portanto podemos concluir que, a antena projetada está de acordo com que esperamos em teoria com pequenas diferenças que podem ser desprezíveis.

## 6. Referências

- [1] BALANIS, C. A. (2009). *Teoria de Antenas; Análise e Síntese. 3 ed.* Rio de Janeiro: LTC.
  
- [2] Silva, J. P. (2018). Projeto e Análise de Antenas Patch com Elementos Polares e Resposta Multibanda. *Dissertação de Mestrado*, p.14, p.15. Disponível em: <https://repositorio.ifpb.edu.br/>. Data de Acesso:10/02/2021.
  
- [3] Talk, Em. Microstrip Patch Antenna Calculator. Disponível em: <https://www.emtalk.com/mpacalc.php>. Data de acesso: 02/02/21.
  
- [4] Talk, Em. Microstrip Line Calculator. Disponível em: <https://www.emtalk.com/mscalc.php>. Data de acesso: 02/02/21.
  
- [5] Adaildo Gomes D' Assunção. Notas de Aula. Data de Acesso: 02/02/21.