

Análise e Simulação de Antena de Microfita Aplicada a Transmissão de dados em VANT's

Leonardo Marques de Freitas¹, Édson Fernandes Chaves Filho¹, Humberto Dionísio de Andrade¹, Matheus Emanuel Tavares Sousa¹, José Lucas da Silva Paiva¹

¹Centro de Engenharias – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)
Caixa Postal 137 – 59625-900 – Mossoró – RN – Brasil

{leonardo.xoop@gmail.com, edson.fernandes.chaves.381@gmail.com,
humbertodionisio@ufersa.edu.br, matheus.sousa@ufersa.edu.br,
lucas.paiva@ufersa.edu.br}

Resumo. *Este artigo tem o objetivo de projetar um arranjo de antena de microfita para a transmissão de dados de um VANT (Veículo aéreo não tripulado), com o intuito de possibilitar um aumento no ganho, em relação a uma antena de dipolo convencional, comercializadas para diversos modelos de drones, além de tornar a antena de controle mais diretiva, proporcionando o drone alcançar distâncias maiores em relação à dipolo. O arranjo de antena de microfita de configuração 2x1 e frequência de ressonância em 2,45 GHz (Faixa ISM - Industrial, Cientific and Medical band), alcançou um ganho de aproximadamente 3 dBi e possui características diretivas satisfatórias obtidas através do diagrama de radiação, simuladas no software Ansys HFSS 2019.*

Abstract. *This article aims to design a microstrip antenna array for data transmission from a UAV (Unmanned Aerial Vehicle), to enable an increase in gain, compared to a conventional dipole antenna, marketed for various drone models, in addition making the control antenna more directive, allowing the drone to reach greater distances in relation to the dipole. The 2x1 configuration microstrip antenna array and 2.45 GHz resonance frequency (ISM range - Industrial, Scientific and Medical), achieved a gain of approximately 3 dBi and has satisfactory directives characteristics obtained through the radiation diagram, simulated in the Ansys HFSS 2019 software.*

1. Introdução

Um dos dispositivos tecnológicos que continua em destaque atualmente, além de possuir um potencial econômico alto, são os VANT's (Veículo aéreo não tripulado), também conhecido, popularmente como “drones”. Este equipamento, que hoje é utilizado de maneira cotidiana, foi desenvolvido e utilizado para fins militares, assim como, a rede de telefonia, celular, dentre outros, porém, ao longo do tempo alcançou funções que pareciam inimagináveis, como geomapeamento, transporte de cargas, avaliação de danos, e até mesmo funções voltadas para a segurança. A principal importância de acordo com Horus (2019) do uso nestas áreas é referente à otimização de processos, redução de custos, economia de tempo e maior segurança. Por conseguinte, para que se possa controlar este serviço de controle se torna necessário enviar um sinal na faixa ISM (Faixa de frequência destinadas ao uso Industrial, científico e médico) de 2,400 a 2,483 GHz.

Sendo assim, para que se possa intermediar o transmissor (“controle”) com o VANT, se torna necessário uma antena de longo alcance, para que se possa enviar dados

de controle e de alguma ação que o controlador necessita. As principais antenas no mercado para este tipo de ação são as antenas de dipolo, antena com configuração omnidirecional, das quais possuem um alcance menor (com uma mesma potência e ganho), mas atingem todas as direções, em contrapartida, para algumas situações específicas, o principal objetivo é possuir um longo alcance, no qual, se pode utilizar uma antena direcional, e neste caso, uma das antenas mais utilizadas para serviços aeronáuticos, aeroespaciais, possuindo um alto desempenho, baixo custo e peso, é a antena de microfita, no qual, se baseia em uma fita metálica de pequena espessura posicionada a uma distância específica de um plano de terra, quando este material delimitador possui propriedades dielétricas específicas, conhecido como substrato [Balanis 2005]. As principais formas de alimentar esta configuração de antena são a partir de uma linha de microfita, sonda coaxial, acoplamento por abertura e acoplamento por proximidade.

Estas antenas de microfita não somente são utilizadas de maneira isolada, mas também a partir de um conjunto, das quais, podem ser utilizadas em diversas configurações, com o objetivo de promover uma varredura do feixe, aumentar a diretividade, além de proporcionarem elevação do ganho dBi de um sistema de antena. As configurações agrupadas, conhecido como arranjo, são versáteis, no qual, se torna possível controlar a partir da alimentação a amplitude e a fase de cada elemento. Por conseguinte, o trabalho proposto tem como objetivo de simular um arranjo de antena de microfita para a frequência de 2,45 GHz, realizando comparação com a antena mais utilizada no serviço de controle de VANT's.

2. Metodologia

Com o intuito de projetar uma antena de microfita que opere na faixa de frequência ISM, para a utilização em um VANT, foi utilizado o software Ansys HFSS 2019®, que no qual possibilita a simulação da antena projetada de acordo a formulação de aproximação apresentada por Balanis (2005) e o método de casamento de impedância *inset feed*, que consiste em um par de fendas paralelos a linha de transmissão, com a mesma espessura da camada condutora [Silva 2014]. Cujo o principal objetivo do software Ansys é na obtenção do diagrama de radiação, que se baseia na correlação entre a potência fornecida e a potência refletida pela antena [Pozar 2012], assim como, na obtenção dos diagramas de radiação, que representa as propriedades de radiação da antena em função das coordenadas espaciais, identificando qual o tipo de antena que foi desenvolvida [Balanis 2005].

2.1 Características físicas do elemento de Antena de microfita

A etapa inicial do projeto de antena de microfita se baseia em estruturar um elemento de antena, para que se possa identificar se as características calculadas proporcionam uma antena ressoando na frequência especificada em 2,45 GHz. Portanto, foi projetado a antena com as especificações descritas na Tabela 01 e ilustrada através da Figura 01, utilizando o substrato FR4 (fibra de vidro), no qual, possui constante dielétrica de 4,4 (ϵ_r), com uma altura de 1,65 mm. Além disto, se torna necessário dimensionar uma linha de transmissão, responsável por alimentar o patch, que no qual, foi configurado para uma impedância de 50 Ohm, cujo o valor da largura da linha de transmissão foi obtido através da inclusão do método numérico, bisseção, do modelo de linha de transmissão descrita por Balanis (2005), assim como, para desenvolver o comprimento da linha, foi obtido através de Huang e Boyle (2008), considerando que o comprimento da linha de

transmissão deve ser menor ou igual a $\frac{1}{4}$ do comprimento de onda de maior frequência de ressonância.

Tabela 01. Características físicas da antena de microfita simples.

Parâmetro	Valor (mm)	Parâmetro	Valor (mm)
Largura do patch (W)	36,3	Comprimento da linha de transmissão (l_m)	14,95
Comprimento do patch (L)	28,12	Largura da linha de transmissão (W_o)	2,29
Largura do inset feed (y_w)	0,21	Largura do substrato (W_s)	65,78
Comprimento do inset feed (y_o)	8,64	Comprimento do substrato (L_s)	57,60

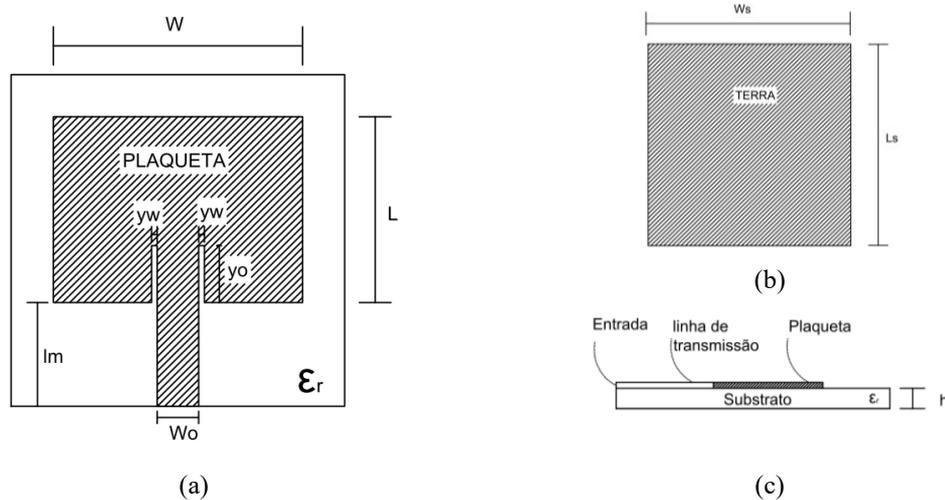


Figura 01. Representação dos parâmetros da antena de microfita dimensionados (a) vista frontal (b) vista traseira (c) vista lateral.

Os parâmetros dimensionados foram inseridos no software Ansys HFSS 2019®. A Figura 02 representa a antena no software pronto para a aquisição dos dados, dos quais, em azul marinho está representado o substrato (FR4), em amarelo claro o patch de cobre com uma altura de 0,05 mm e em amarelo escuro descrito a entrada da alimentação da antena.

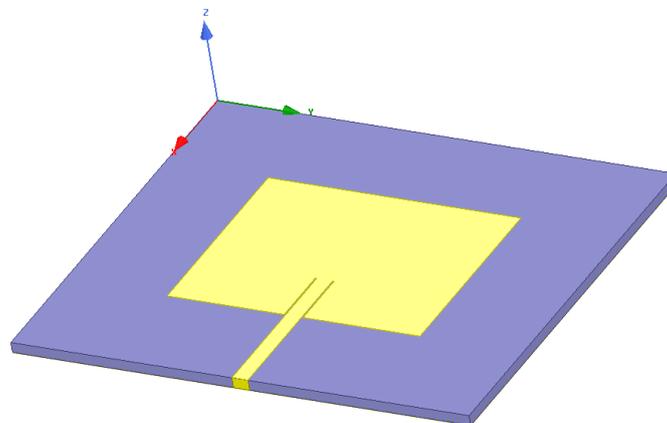


Figura 02. Antena de microfita simples simulada em software.

2.2 Características físicas do arranjo de antena de microfita 2x1

Além das informações de dimensionamentos utilizados para a antena de microfita simples, foi utilizado transformadores de $\frac{1}{4}$ de onda, com o objetivo de controlar a fase e a amplitude de cada elemento de microfita. A configuração de arranjo escolhido foi em paralelo, e desta maneira, se torna necessário o uso de um divisor de potência de três portas, conhecido como junção em T, com o intuito de dividir a potência entre os dois patches, e para isto é utilizada a formulação descrita por Ezquerro (2015). As características básicas do arranjo de antena podem ser observadas na Tabela 02 e ilustradas através da Figura 03, para o mesmo substrato e frequência da antena de microfita simples.

Tabela 02. Características físicas do arranjo de antena de microfita.

Parâmetro	Valor (mm)	Parâmetro	Valor (mm)
Largura do patch (W)	36,3	Comprimento do substrato (L_s)	57,60
Comprimento do patch (L)	28,12	Comprimento da linha de transmissão 100 Ohm	14,70
Largura do inset feed (y_w)	0,21	Largura da linha de transmissão 100 Ohm	0,25
Comprimento do inset feed (y_o)	8,64	Comprimento da linha de transmissão 70,71 Ohm	14,58
Comprimento da linha de transmissão (l_m)	14,95	Largura da linha de transmissão 70,71 Ohm	1,52
Largura da linha de transmissão (W_o)	2,29	Distância entre os elementos	20,07
Largura do substrato (W_s)	65,78	-	-

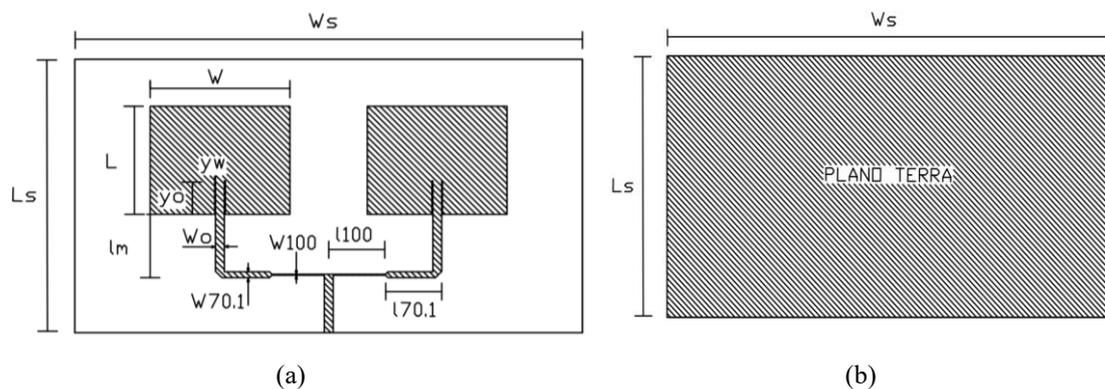


Figura 03. Representação dos parâmetros do arranjo de antena de microfita dimensionados (a) vista frontal (b) vista traseira.

Por conseguinte, foi utilizado os parâmetros calculados no software Ansys HFSS 2019[®]. A Figura 04 representa a antena no software adequado para a aquisição dos dados, dos quais, em azul marinho está representado o substrato (FR4), em amarelo claro o patch de cobre com uma altura de 0,05 mm e em amarelo escuro descrito a entrada da alimentação da antena.

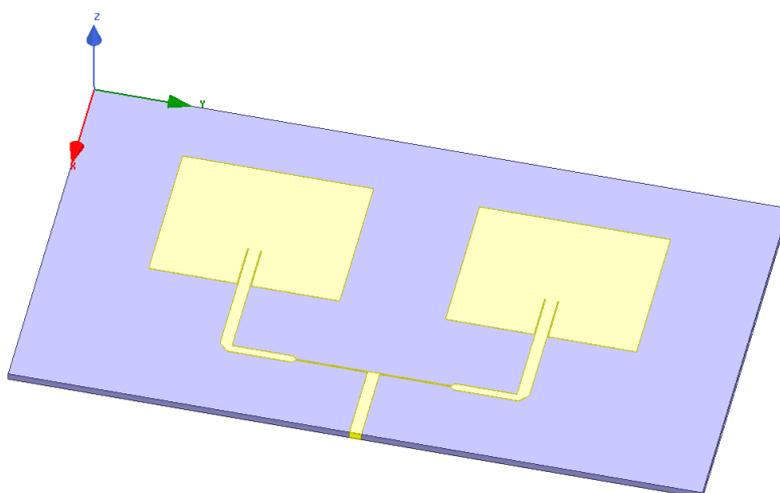


Figura 04. Arranjo de antena de microfita simples simulada em software.

2.3. Modelagem do acoplador para o transmissor de um VANT

Com o objetivo de direcionar a proposta para uma aplicação prática, foi desenvolvido um acoplador para o transmissor convencional de um F450. O projeto se baseou na utilização do software Inventor 2020, da Autodesk®, versão estudantil, para a partir das dimensões da antena construída desenvolver a modelagem do protótipo desejado. A Figura 09 representa as vistas do acoplador para a antena desenvolvida.



Figura 09. Modelagem tridimensional de um transmissor (a) visão frontal (b) visão traseira com posicionamento da antena de microfita.

3. Resultados e análise

3.1 Chanfraduras

As pontas das linhas de transmissão do projeto são pontos de descontinuidade, ou seja, as bordas e pontas, são pontos no qual a corrente é mínima. Esta diferença significativa de densidade de corrente ao longo da alimentação da antena proporciona perdas, e proporcionalmente dependendo da configuração da linha, uma linha mais capacitiva ou mais indutiva. A Figura 10 representa um exemplo de redução dos cantos de uma antena de microfita, no qual, possui o esquema normal; redução de 50% e redução de aproximadamente 75% do chanfro, com seus respectivos circuitos equivalentes. Na Figura 10 (a), a parte capacitiva da linha se destaca pela baixa densidade de corrente na

ponta da linha, já na Figura 10 (c) a parte indutiva é elevada pela alta densidade de corrente, causada pela diminuição do caminho a ser percorrido pela corrente elétrica no circuito. Por último, a Figura 10 (b), que apresenta o chanfro utilizado neste projeto, no qual os efeitos capacitivos e indutivos são equilibrados.

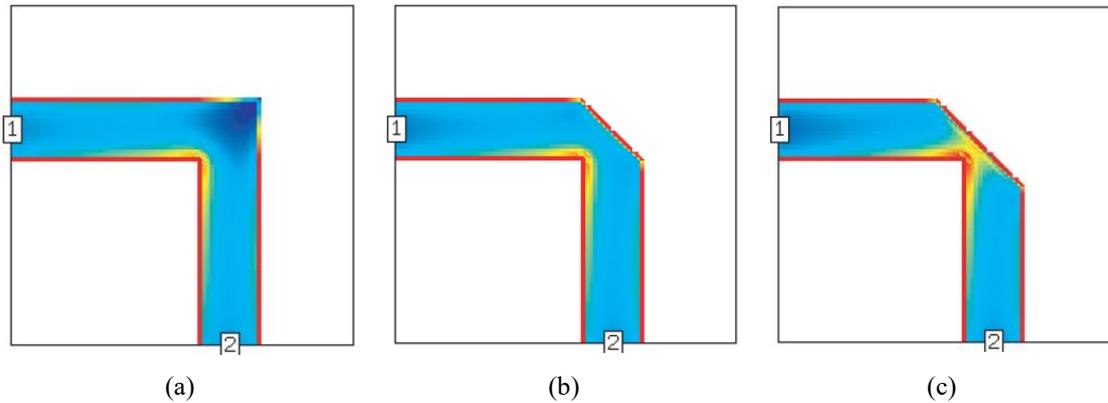


Figura 10. Configuração de chanfros (a) sem chanfro (b) chanfro de 50% (c) chanfro de 75%. [Swanson 2003]

Da mesma maneira, foi avaliado as chanfraduras no arranjo de microfita desenvolvido, o melhor valor vai variar de acordo com cada antena, no caso do projeto proposto, a melhor configuração foi a partir de um chanfro de 50% da linha, como pode ser observado na Figura 11, cujo representa uma comparação entre todas as configurações de 25%, 50% e 75%.

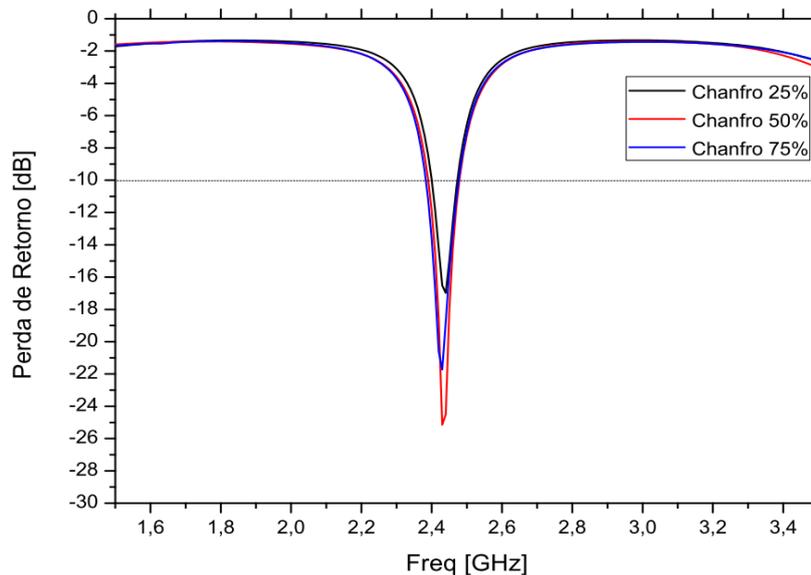


Figura 11. Gráfico de perda de retorno para configurações de chanfro.

3.2 Perda de retorno

A simulação no *Ansys HFSS 2019®* proporcionou a aquisição do gráfico para a identificação da frequência de ressonância da antena desenvolvida. A Figura 12 representa a perda de retorno do arranjo de antena desenvolvida. A antena apresentou característica de banda larga, com 866 MHz de banda, e uma perda de retorno de -21,53 dB para a frequência desejada.

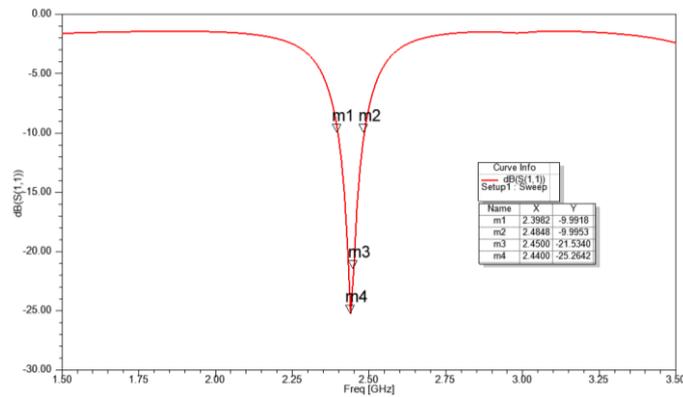


Figura 12. Perda de retorno do arranjo de antena de microfita.

3.3 Diagramas de radiação 2D e 3D

Além da perda de retorno, o diagrama de radiação em 2D e 3D também foi obtido através do *software* e pode ser observado através das Figuras 13 e 14. A Figura 13 representa cortes no diagrama tridimensional mostrado na Figura 14 para ϕ igual a 0° e 90° . Com intuito de relacionar o diagrama de radiação representado pelo arranjo de antena de microfita desenvolvido e uma antena convencional, a Figura 15 representa o diagrama de radiação de uma antena dipolo, desenvolvida para o uso de um VANT. Sendo assim, pode-se observar uma diferença de ganho de aproximadamente 1 dB e diferença significativa na direção da energia radiante proporcionada pela antena.

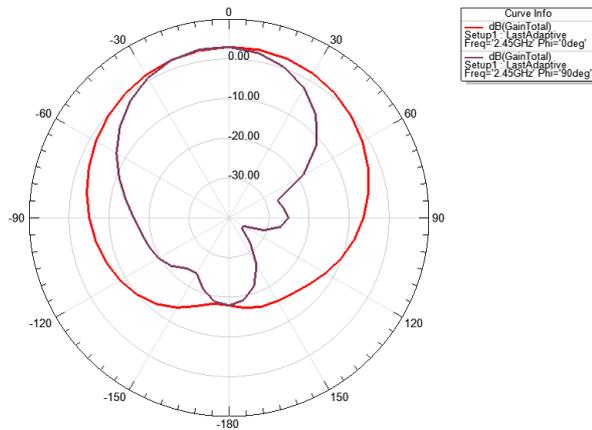


Figura 13. Diagrama de radiação 2D do arranjo de antena de microfita.

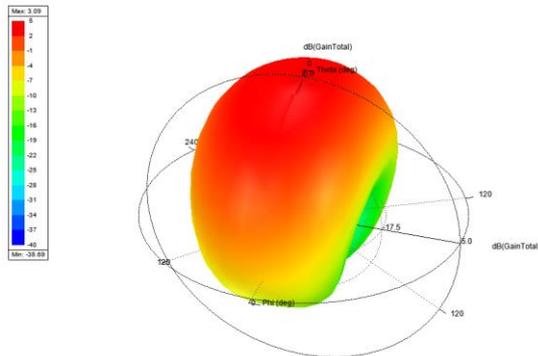


Figura 14. Diagrama de radiação 3D do arranjo de antena de microfita.

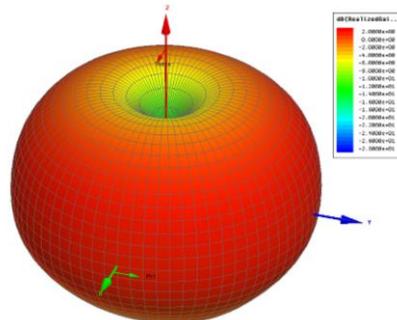


Figura 15. Diagrama de radiação 3D de uma antena dipolo. [Baert, Maarten 2019]

4. Conclusão

Sendo os VANT's dispositivos versáteis, que adentram em diversas áreas de estudo e mercado, se torna fundamental o desenvolvimento das áreas que envolvem este projeto, neste caso, a área de transmissão de dados de voo. O arranjo de antenas projetado, se demonstrou satisfatório, cumprindo com os objetivos planejados, dentre os quais, elevação de ganho e aumento de diretividade da antena, antes de dipolo, apresentadas em simulação através do *software Ansys HFSS* 2019. Portanto, os parâmetros utilizados neste projeto podem ser empregados em situações no qual o drone precisará percorrer uma grande área, e quando o mesmo somente se posicionará a jusante do transmissor.

Com o intuito de continuidade deste trabalho, recomenda-se a implementação da antena projetada em um drone, e o fazendo percorrer uma área com uma antena dipolo convencional e com o arranjo de antena projetado, desta maneira, implementando e testando o modelo apresentado. Por conseguinte, avalia-se também a implementação de um arranjo em configuração não planar, como por exemplo, em uma superfície cilíndrica, avaliando uma antena de microfita o mais próximo de uma omnidirecionalidade.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES, CNPq, UFERSA, GEPEAT e à equipe do Laboratório de Micro-ondas da UFERSA. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Referências

- Horus Aeronaves. (2019) “Agricultura de precisão com drones”. <https://horusaeronaves.com/ebook/ebook-drones-na-agricultura-precisao-horus.pdf>.
- Balanis, C. A. (2015) “Antenna Theory: Analysis and Design”. New Jersey (USA): John Wiley & Sons, Inc.
- Silva, R. A. O. (2014) "Aplicação de Técnicas de Alargamento de Banda em Antenas de Microfita", M. Eng. tese, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, Brasil.
- Pozar, D. M. (2012) “Engenharia de micro-ondas”. 4 ed., Estados Unidos da América: John Wiley& Sons. p. 756.
- Y. Huang e K. Boyle. (2008) “Antennas: From Theory to Practice”. New Delhi, India: John Wiley& Sons, vol 1.
- Ezquerro, V. S. (2015) “Estudo de um arranjo de nanoantenas para comunicação óptica sem fio”. 94 f. Relatório Técnico - Curso de Faculdade de Engenharia Elétrica e Computação, Comunicações, Unicamp, Campinas.
- Swanson, Daniel Jr. G.; Hofer, Wolfgang J. R. (2003) “Microwave circuit modeling using electromagnetic field simulation”. Boston: Artec House, 488 p.
- Baert, Maarten. (2019) “Quadricopter - Directivity”. <https://www.maartenbaert.be/quadcopters/antennas/directivity/#directivity-antenna-gain-realized-gain>.