

# Antena de microfita para WLAN com metamaterial do tipo CSRR

Hevla Kezia Mendonça Oliveira  
Departamento de Engenharia e  
Tecnologia  
UFERSA  
Mossoró/Brasil  
keziahevla@gmail.com

Lucas Oliveira de Azevedo  
Departamento de Engenharia e  
Tecnologia  
UFERSA  
Mossoró/Brasil  
lucasoliveira765@outlook.com

Katiane Estevam Gurgel de Assis  
Departamento de Engenharia e  
Tecnologia  
UFERSA  
Mossoró/Brasil  
katianeestevam@gmail.com

Isaac Barros Tavares da Silva  
Departamento de Engenharia e  
Tecnologia  
UFERSA  
Mossoró/Brasil  
isaac.barros@ufersa.edu.br

Idalmir de Souza Queiroz Júnior  
Departamento de Engenharia e  
Tecnologia  
UFERSA  
Mossoró/Brasil  
idalmir@ufersa.edu.br

**Resumo**— O estudo das antenas para telecomunicações é de grande interesse, pois são elementos fundamentais para transmissão e recepção de sinais. A antena de interesse para esse estudo é a antena de microfita. Neste artigo foi desenvolvida uma antena de microfita para uma frequência de ressonância de 6,5 GHz para aplicações WLAN (*Wireless Local Area Network*) em comunicações sem fio. Os parâmetros também são analisados carregando um Ressonador Complementar de Anel Dividido (CSRR) no plano de terra da antena de microfita. As variações nas dimensões dos anéis CSRR e suas rotações no plano x-y são analisadas. Com a aplicação do CSRR à antena, foi possível projetar uma antena de microfita com material metamaterial simples, compacto e miniaturizado para sistemas de comunicação sem fio.

**Palavras-Chave**— Ressonador, Metamaterial, Antena de microfita.

## I. INTRODUÇÃO

O estudo de antenas é de grande interesse no âmbito de telecomunicações, pois são elementos fundamentais na transmissão e recepção de sinais. Já a preferência por antenas de microfita, refere-se ao seu baixo custo, peso leve e facilidade de integração em muitas aplicações de microondas. Estas antenas são compostas de três elementos: o elemento radiante (*patch*), o plano de terra e o substrato dielétrico [1-2].

Além disso, também tem sido notável o desenvolvimento e o progresso dos estudos no campo dos metamateriais eletromagnéticos. Os metamateriais mais conhecidos na pesquisa são o Ressonador de Anel Fendido (SRR) e o Ressonador de Anel Fendido Complementar (CSRR), sendo considerada uma das aplicações mais relevantes em estudo [3].

As características do metamaterial CSRR não são encontradas na natureza, e ele possui parâmetros elétricos e magnéticos negativos. Estes parâmetros são descritos como permissividade elétrica e permeabilidade magnética, respectivamente. O uso de metamateriais na comunicação sem fio permite diferentes faixas de frequência desejáveis para determinadas aplicações, oferecendo boa versatilidade para aplicações com frequências reguladas e com padrões a serem seguidos, como o sistema UWB (*ultrawideband*), que opera em uma ampla faixa de frequência e otimiza a velocidade na transmissão de informações [4-5].

Dessa forma, neste artigo é estudada a influência do CSRR nos resultados de perda de retorno e o padrão de radiação quando inserido no plano de terra. A antena proposta [5] foi estudada usando simulação computadorizada usando o

software Ansys HFSS® (*High Frequency Structural Simulator*). A perda de retorno e diagrama de radiação foram estudados alterando-se as posições das fendas nos anéis externo e interno, com o objetivo que a antena atue como uma antena reconfigurável.

## II. ANTENA E SIMULAÇÃO

Neste trabalho será usada uma antena de microfita retangular impressa em um substrato dielétrico com permissividade relativa  $\epsilon_r = 4,4$  e espessura  $h = 1,57$  mm. A dimensão geral da antena com e sem CSRR é de  $25 \times 25 \times 1,57$  mm. Dessa forma, afim de integrar o *patch* da antena com o plano de terra e o substrato, é utilizada uma linha de microfita como fonte de alimentação. Todos os projetos e estruturas são simulados usando o software Ansys HFSS®.

Na Figura 1 está ilustrado a antena de microfita retangular proposta. O *patch* retangular de microfita possui uma largura  $W$  e comprimento  $L$  projetados sobre um substrato de FR4 (fibra de vidro e resina de epóxi). As dimensões da antena de microfita retangular foram calculadas para uma frequência de 6.5 GHz, resultando em  $W = 14,04$  mm e  $L = 10,44$  mm. A linha de alimentação possui uma largura  $W_m$  e comprimento  $L_m$ , calculados para uma impedância de entrada de 50  $\Omega$ . As dimensões da linha de alimentação são  $W_m = 2,95$  mm e  $L_m = 5,91$ .

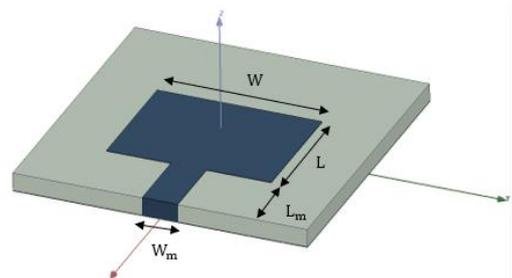


Figura 1. Antena padrão.

Após a simulação da antena padrão, o plano de terra foi reduzido 75% em relação ao seu tamanho inicial de  $25 \times 25$  mm, usando assim o valor do comprimento de aproximadamente a linha de alimentação. Este ajuste pode ser visto na Figura 2.

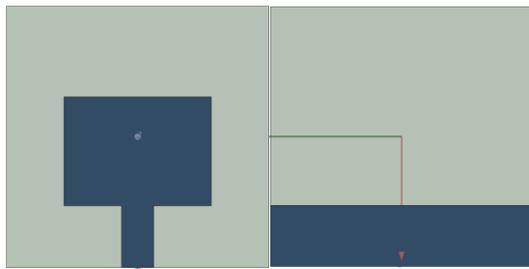


Figura 2. Antena monopolo.

Nas Figuras 3 e 4, é possível observar a estrutura CSRR e a estrutura inserida no plano de aterramento reduzido, respectivamente. As dimensões do CSRR foram baseadas em [5-6] e estão descritas na Tabela I.

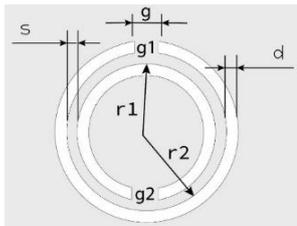


Figura 3. Estrutura CSRR.

TABELA I. DIMENSÕES DO PADRÃO CSRR DA ANTENA

g	s	d	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>
1,2 mm	0,4 mm	0,5 mm	2,4mm	3,3 mm

Mantendo as dimensões do CSRR padrão, as fendas dos anéis externo e interno foram deslocadas com diferentes ângulos no plano x-y, em torno do eixo z, afim de identificar um efeito de mudança de polarização. As rotações estão representadas na Figura 5.

A Figura 5 indica as mudanças aplicadas na estrutura CSRR na etapa de simulação. Foram simuladas variações de posição da abertura dos anéis fendidos. A partir da posição inicial 1, com o anel externo fixo, foram alteradas as posições da fenda do anel interno, variando em 90°. Em seguida, o mesmo procedimento foi adotado para o anel externo, com o anel interno fixo.

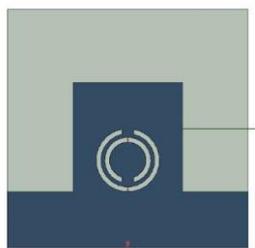


Figura 4. Vista do plano de terra com CSRR Padrão da antena de microfita retangular.

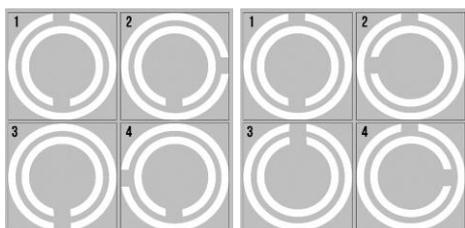


Figura 5. Rotações das fendas dos anéis (a) externos e (b) internos da estrutura de CSRR.

### III. RESULTADOS

O projeto da antena proposta foi comparado com outras antenas usando simulação por computador. As antenas também foram confeccionadas e alguns resultados de simulação são apresentados com seus respectivos resultados de medições. Os parâmetros de coeficiente de reflexão S(1,1) e padrão de radiação foram simulados para antena padrão, antena monopolo e a antena com o CSRR padrão no plano de terra, bem como para as alterações das fendas nos anéis internos e externos.

A Figura 6 mostra as antenas que foram confeccionadas em laboratório. Para as medições foi utilizado o VNA (*Vector Network Analyzer*) e a linha de alimentação da antena foi conectada ao um conector SMA.

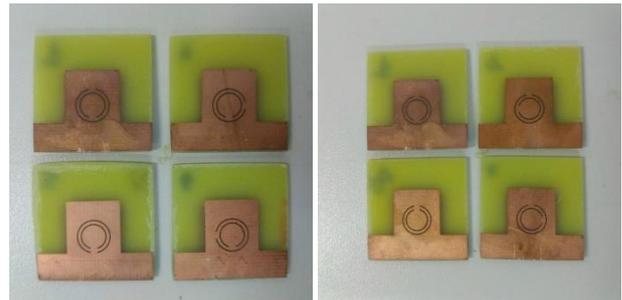


Figura 6. Antenas produzidas em laboratório.

#### A. Perda de Retorno S(1,1)

A Figura 7 mostra os resultados da simulação de perda de retorno para a antena retangular padrão, a antena monopolo, e para a antena com o CSRR padrão no plano de terra. A antena retangular padrão foi dimensionada para uma frequência de 6,5 GHz e os resultados foram adequados a uma faixa de 0 a 8,5 GHz para melhor comparação com os resultados medidos. Os resultados mostram uma perda de retorno de -13,81 dB para uma frequência de 6,23 GHz, em uma faixa de frequência de 5,89 a 6,63 GHz, acordando com o critério para um bom projeto de antena (perda de retorno abaixo de -10,00 dB).

Na antena monopolo, onde foi feita redução do plano de terra em 75%, é possível observar um aumento na largura de banda. Já na antena com CSRR no plano de terra os resultados mostram uma perda de retorno de -14,31 dB para uma frequência de 5,76 GHz em uma largura de banda de 5,23 a 6,55 GHz. As Figuras 8 e 9 mostram os resultados das simulações da perda de retorno para as variações nas fendas dos anéis externo e interno, respectivamente.

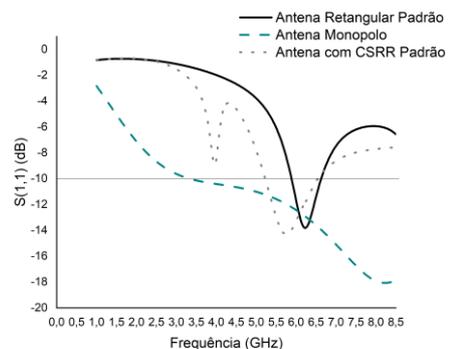


Figura 7. Resultados de perda de retorno S(1,1) (dB) para as antenas retangular padrão, monopolo e com CSRR Padrão no plano de terra.

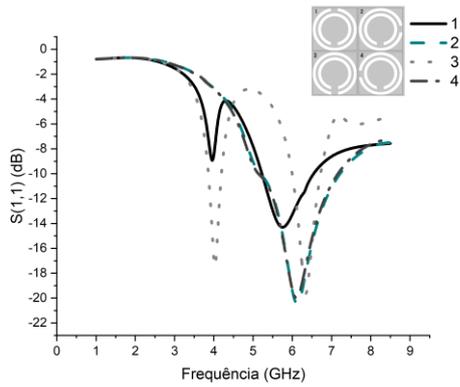


Figura 8. Resultados de perda de retorno  $S(1,1)$  (dB) para as variações da estrutura CSRR na fenda do anel externo.

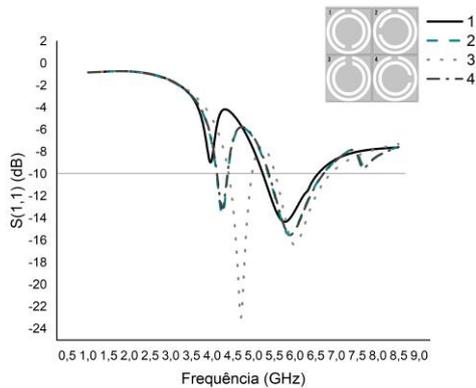


Figura 9. Resultados de perda de retorno  $S(1,1)$  (dB) para as variações da estrutura CSRR na fenda do anel interno.

As Figuras 10 e 11 mostram a comparação entre a simulação e medição da antena retangular padrão e a antena com CSRR no plano de terra, respectivamente. Para a antena retangular padrão, os resultados da medição mostram uma perda de retorno de -16,73 dB para uma frequência de 6,30 GHz em uma largura de banda de 5,98 a 6,59 GHz.

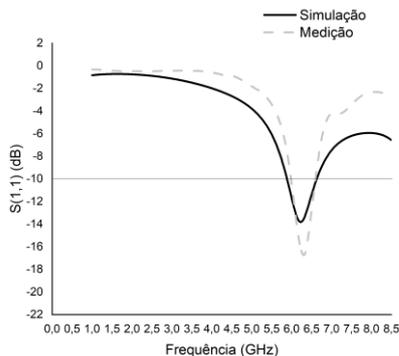


Figura 10. Resultados de perda de retorno  $S(1,1)$  (dB) simulados e medidos para a antena retangular padrão.

Na Figuras 11, os resultados das medições para a antena com CSRR Padrão no plano de terra, mostram quatro faixas para largura de banda, a primeira entre 4,53 e 4,69 GHz com uma perda de retorno de -12,41 dB para uma frequência de 4,61 GHz. Na segunda, uma perda de retorno de -15,67 dB para uma frequência de 5,59 GHz e largura de banda de 5,19 a 5,87 GHz. Na terceira, uma perda de retorno de -15,90 dB

para uma frequência de 7,13 GHz e largura de banda de 6,96 a 7,29 GHz. Na última faixa da medição, entre 7,65 a 7,92 GHz, uma perda de retorno de -16,01 para uma frequência de 7,77.

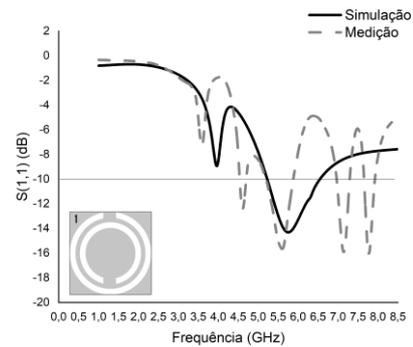


Figura 11. Resultados de perda de retorno  $S(1,1)$  (dB) simulados e medidos para a antena com inserção da estrutura CSRR no plano de terra.

### B. Diagrama de Radiação 2D

A Figura 12 mostra o padrão de radiação 2D para antena retangular padrão e a Figura 13 mostra o padrão das antenas monopolo e com a estrutura CSRR padrão, respectivamente. É possível observar a característica de *broadside* da antena retangular padrão e a forma do diagrama para a antena monopolo, com maior intensidade de radiação no sentido oposto a antena padrão devido a redução do plano de terra.

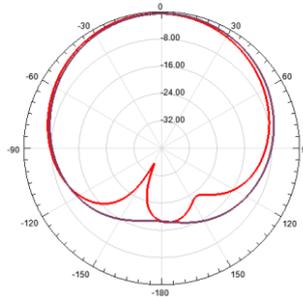


Figura 12. Padrão de radiação 2D para antena retangular padrão.

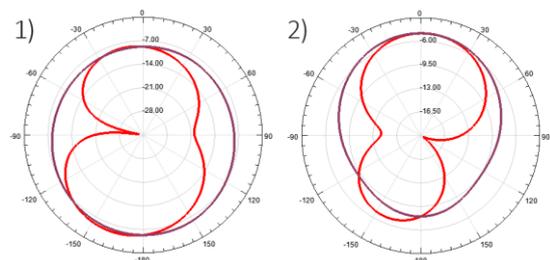


Figura 13. Padrão de radiação 2D para 1) antena monopolo 2) antena com CSRR Padrão no plano de terra.

Na Figura 14 é possível observar os padrões de radiação apresentados em diagramas 2D. Nota-se que para as variações do anel interno na estrutura CSRR, o comportamento do gráfico apresenta diferenças pouco significantes.

Na Figura 15, o padrão de radiação permanece o mesmo nas posições 2 e 4, com uma leve diferença na posição 3, onde mostra uma radiação maior em outras direções.

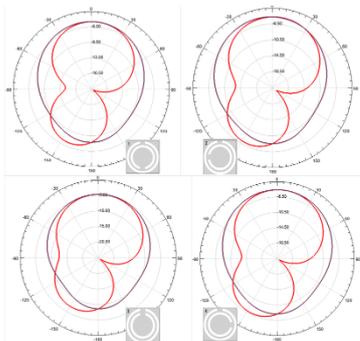


Figura. 14. Resultados dos da simulação para os padrões de radiação 2D com alteração da fenda do anel interno da estrutura CSRR.

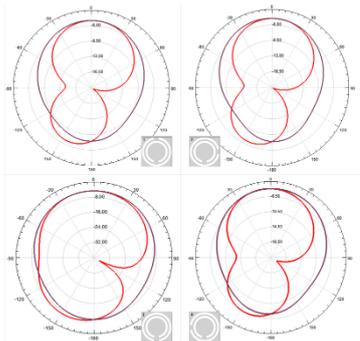


Figura. 15. Resultados dos da simulação para os padrões de radiação 2D com alteração da fenda do anel externo da estrutura CSRR.

### C. Razão Axial

Foram analisadas as polarizações para as variações de rotação dos anéis externo e interno do CSRR. O estudo da polarização foi realizado através da relação da razão axial com a frequência, nos quais se encontram também as frequências

de ressonâncias. Na Figura 14 é possível observar o gráfico de razão axial para as variações de rotação do anel interno e externo do CSRR podem ser observadas na Figura 15, afim de detectar mudança na polarização a partir da mudança de posição das fendas dos anéis.

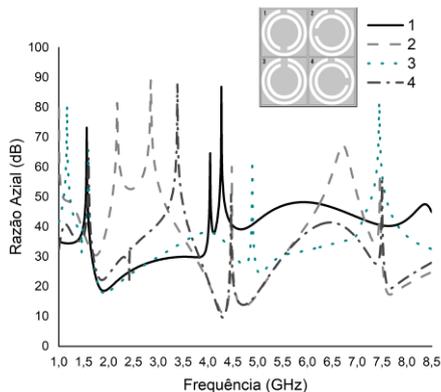


Figura. 16. Resultados dos da simulação da razão axial para as alterações na fenda do anel interno da estrutura CSRR.

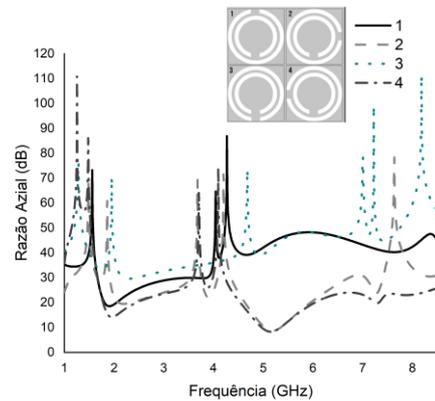


Fig. 17. Resultados dos da simulação da razão axial para as alterações na fenda do anel externo da estrutura CSRR.

## IV. CONCLUSÃO

Neste artigo, uma antena de microfita com metamaterial do tipo CSRR foi proposta. Os resultados na comparação de simulação e medição mostram boas correspondências entre si. As dimensões da abertura dos anéis externos e internos e a rotação destes anéis foram realizadas a fim de observar o comportamento destas variações e sua influência sobre a perda de retorno e diagrama de radiação devido ao efeito do CSRR aplicado no plano de terra, que funciona como um filtro de frequência. A partir do comportamento com várias faixas de frequência, conclui-se que o dispositivo é capaz de servir ao sistema WLAN.

## REFERENCES

- [1] A. C. Balanis, *Antenna Theory – Analysis and Design*, 2nd ed., John Wiley & Sons, Inc., NY, EUA, 1997.
- [2] M. Ramzan and K. Topalli, "A miniaturized patch antenna by using a CSRR loading plane", *Int. J. Antennas Propag.*, vol. 2015, Jul. 2015.
- [3] J. B. Pedry, A. J. Holder, D. J. Robbins, W. J. Stewart, "Magnetism from Conductorsband Enhanced Nonlinear Phenomena," *IEEE Transactions on RFID Virtual Journal*, vol. 47. pp. 2075-2084, November 1999.
- [4] V. G. Veselago, "The Electrodynamics of Substances With Simultaneously Negative Values of  $\epsilon$  and  $\mu$ ", in *Soviet Physics Uspekhi*, vol. 10, number 4, pp. 517-526, January 1968.
- [5] I. B. T. da Silva, H. D. de Andrade, J. L. da Silva, H. C. C. Fernandes, M. P. de Sousa Neto and J. P. P. Pereira, "Effects of Complementary Split Ring Resonator (CSRR) parameters in microstrip patch antenna characteristics", *2015 SEMO/IEEE MTT-S International Microwave and Optoelectronics Conference (IMOC)*, pp. 1-6, 2015.
- [6] I. Silva, "Projeto e Análise de Antena com Utilização de Metamaterial do Tipo CSRR", Mestrado, Univerdade Federal Rural do Semi-Árido, 2014.
- [7] D. R. Smith, W. J. Padilla, D. C. Vier, S. C. Nemat-Nasser, S. Schultz, "Composite Medium with Simultaneously Negative Permeability and Permittivity" in *Physical Review Letters*, vol. 84, number 18, pp. 4184-4187, May 2000. W.M. Kays, M.E. Crawford, *Heat transfer*, Wiley, New York, pp.256-258, 1990.
- [8] J. B. Pendry, A. J. Holder, D. J. Robbins, W. J. Stewart, in *J. Phys. Condens. Matter*, vol. 10. pp. – 4785-4809, 1998.
- [9] R. A. V. do Vale, "Desenvolvimento de Antenas de Microfita com Patch em Espiral de Arquimedes Retangular", Mestrado, Univerdade Federal Rural do Semi-Árido, 2019.