

## ANTENA FRACTAL KOCH PARA APLICAÇÕES EM SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO SEM FIO BWA

**Elder Eldervitch. C. de OLIVEIRA (1); Sandro G. da SILVA (1); Paulo H. F. SILVA (2);  
Antonio Luiz P. S. CAMPOS (3)**

(1) Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Caixa Postal 1655, CEP: 59072-970 Natal, RN, Brasil,  
planckk@yahoo.com.br e sandro@ct.ufrn.br

(2) Centro Federal de Educação Tecnológica da Paraíba, Av. Primeiro de Maio, 720, Jaguaribe, CEP 58015-905, João  
Pessoa, PB, Brasil., henrique@cefetpb.edu.br

(3) Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte, Uned Zona Norte, Rua Brusque, 2926, Santa  
Catarina, Natal-RN, Brasil, antonioluiz@cefetrn.br

### RESUMO

A tecnologia de redes sem fio vem experimentando um crescimento substancial nos últimos anos. As médias e grandes empresas adotaram redes *wireless* buscando flexibilidade em mudanças de ambientes físicos e mobilidade dos usuários. Há um crescimento das vendas de equipamentos de comunicação sem fio. Paralelo a isso, ainda pode ser visto um esforço para melhorar o desempenho desses sistemas sem fio. O desenvolvimento de pequenas antenas com frequência e que operam em diferentes bandas é um desses esforços. Este trabalho apresenta uma antena fractal de dimensões reduzidas com inúmeras qualidades tais como baixo custo, operação multi-banda e boas características de radiação. A antena tem uma perda de retorno inferior a  $-40$  dB na frequência de operação desejada, 2,45GHz. O comportamento multi-banda da antena a torna uma excelente candidata para ser utilizada em equipamentos de Acesso sem fio banda larga (*Broadband Wireless Access* – BWA). Um protótipo foi construído e medições foram efetuadas. A comparação entre os resultados medidos e simulados, obtidos utilizando o software Ansoft Designer<sup>TM</sup>, foi feita e uma boa concordância entre os resultados foi observada.

**Palavras-chave:** antena fractal, fractal Koch, dimensões reduzidas, medições, aplicações BWA

## 1. INTRODUÇÃO

A tecnologia de redes sem fio vem experimentando um crescimento substancial nos últimos anos. As médias e grandes empresas adotaram redes *wireless* buscando flexibilidade em mudanças de ambientes físicos e mobilidade dos usuários. Há um crescimento das vendas de equipamentos de comunicação sem fio. Paralelo a isso, ainda pode ser visto um esforço para melhorar o desempenho desses sistemas sem fio. O desenvolvimento de pequenas antenas com frequência e que operam em diferentes bandas é um desses esforços.

A redução do tamanho das antenas pode ser obtida à custa de uma piora no desempenho da antena como: largura de banda mais restrita, baixo ganho e baixa eficiência (HANSEN, 1981). O motivo é que as dimensões elétricas da antena e os seus parâmetros, como ganho e largura de banda, são relacionados através de leis físicas fundamentais (HARRINGTON, 1960). Várias técnicas têm sido utilizadas para reduzir o tamanho, aumentar a largura de banda e modelar a forma do diagrama de radiação de antenas, tais como a utilização de material de alta permissividade (LO, 1997), pinos ou paredes de curto (WATERHOUSE, 1995), fendas casadas (SZE, 2000) e empilhamento de várias camadas (LIEBENDORFER, 1997).

O conceito de fractal pode ser usado para reduzir o tamanho da antena ou ele pode ser usado para conseguir múltiplas bandas de frequências e aumentar a largura de banda de uma delas, devido à auto-similaridade na geometria. Em outros desenhos, estruturas fractais são utilizadas para obter uma única resposta de banda muito larga, por exemplo, o circuito impresso fractal em laço (YANG, 1999).

Neste trabalho, nós discutimos um tipo especial de antena de microfita, a antena fractal Koch para aplicações em sistemas WLAN. Um protótipo foi construído e nós simulamos e medimos as características deste protótipo como: impedância de entrada e perda de retorno. O software Ansoft Designer<sup>TM</sup> foi utilizado nas simulações.

## 2. ESTRUTURA DA ANTENA PROPOSTA

Antenas fractais têm recebido grande atenção dos pesquisadores em Engenharia de Microondas devido às suas características. (PUENTE, 1998) e (COHEN, 1997) foram os pioneiros no estudo das antenas utilizando elementos fractais. Basicamente o que diferencia a geometria fractal da geometria Euclidiana são duas propriedades de grande importância na concepção de antenas multi-banda e banda larga: a propriedade de auto-similaridade e a propriedade do preenchimento do espaço (FALCONER, 1990). A propriedade auto-similar é responsável pelo comportamento multi-banda da antena, enquanto que a característica do preenchimento do espaço é responsável pela miniaturização das dimensões da antena (LEE, 2003).

A geometria fractal escolhida neste trabalho foi a curva de Koch auto-similar. Para se obter este elemento, a geometria original é dividida em partes de menor escala, mas que são cópias idênticas ao elemento original. Se existirem  $n$  cópias da geometria original, reduzida por um fator de escala,  $s$ , o tamanho  $D$  é definido como (FALCONER, 1990):

$$D = \frac{\log(n)}{\log(1/s)} \quad (1)$$

A geometria da antena proposta é mostrada na Figura 1. Ela consiste de um elemento *patch* fractal montado sobre uma camada dielétrica isotrópica depositada sobre um plano de terra. Um cabo coaxial de 50Ω conecta-se à linha de alimentação do elemento *patch* através de um conector SMA. Reentrâncias no final da linha alimentação são inseridas para que possamos obter uma impedância casada. O substrato tem 1,5 mm de altura e uma permissividade elétrica relativa igual a 4,4.

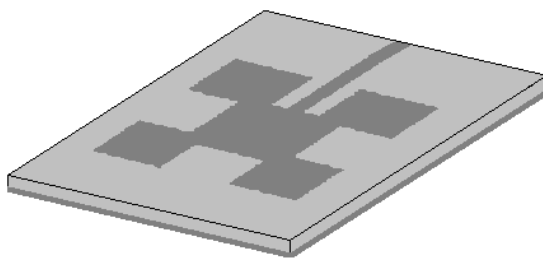


Figura 1 – Geometria da antena proposta

### 3. RESULTADOS NUMÉRICOS E EXPERIMENTAIS

As dimensões físicas da antena construída são mostradas em Figura 2. Podemos observar que as dimensões ficaram bastante reduzidas, o que permite que essa antena seja utilizada em dispositivos pequenos que necessitam desse tipo de antena. O comprimento da linha de alimentação não influenciou no casamento de impedância da antena. Isso ocorre devido ao tipo de alimentação utilizado. Normalmente, as antenas fractais utilizam uma estrutura simétrica com alimentação do tipo *probe*. Como podemos ver na Figura 2, o lado esquerdo da antena é diferente do lado direito. Não há uma simetria entre as extremidades. No lado esquerdo é introduzida a linha de alimentação do tipo *inset fed* (RAMESH, 2003). Esse tipo de alimentação é mais vantajoso do que a alimentação do tipo *probe* (BASILIO, 2001), pois se consegue um casamento de impedância mais facilmente.

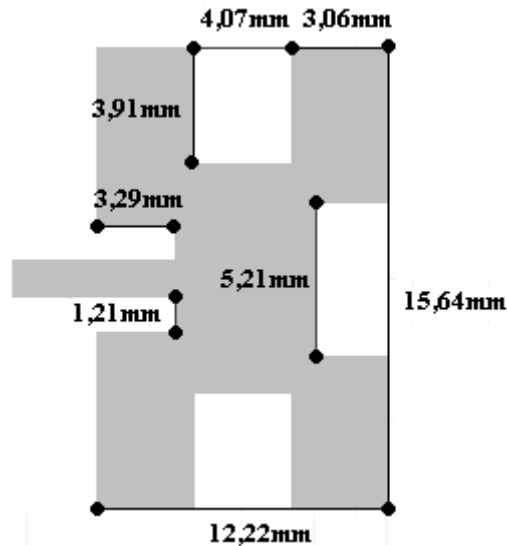


Figura 2 - Dimensões da antena construída

Os primeiros resultados obtidos foram simulados no software Ansoft Designer<sup>TM</sup> que utiliza o método dos momentos na análise da estrutura modelada. A Figura 3 ilustra os resultados obtidos para a perda de retorno. A estrutura obteve cinco bandas de operação. Estes resultados são resumidos na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados simulados para antenas patch fractal Koch

Parâmetro	Banda 1	Banda 2	Banda 3	Banda 4	Banda 5
Largura de Banda	36MHz	112,5MHz	234,2MHz	490,7MHz	1,049GHz
Perda de Retorno	-44,06 dB	-14,07 dB	-30,42 dB	-40,18 dB	-16,41 dB
Frequência de Ressonância	2,464 GHz	4,894 GHz	7,033 GHz	9,073 GHz	10,5047 GHz

Como se pode observar, a perda de retorno em função da frequência mostrou diferentes bandas de operação conseguidas devido à auto-similaridade da antena. Essas bandas de operação localizam-se dentro da faixa não licenciada dos sistemas de Acesso em Banda Larga sem Fio (*Broadband Wireless Access – BWA*) (2 GHz – 11GHz) e na banda dos sistemas WLAN 802.11g. Entretanto, para sistemas 802.11g a largura de banda obtida não é suficiente visto que esses sistemas precisam de 83,5MHz para operarem.

Após as simulações um protótipo foi construído para que pudéssemos fazer uma validação dos resultados simulados. A Figura 4 ilustra uma comparação entre os resultados simulados no software Ansoft Designer<sup>TM</sup> e os resultados medidos. O equipamento utilizado nas medições foi o analisador de rede vetorial modelo HP8757D. Como se pode observar, houve uma excelente concordância entre os resultados simulados e medidos. Os resultados simulados apontaram para uma frequência de ressonância de 2,46 GHz com uma perda de retorno de – 44,06dB e largura de banda de 34MHz. Os resultados medidos apresentaram uma frequência de ressonância de 2,48 GHz, com uma perda de retorno de – 33,14 dB e largura de banda de 40 MHz. A antena mostrou uma boa perda de retorno na frequência de ressonância indicando um bom casamento de impedância.

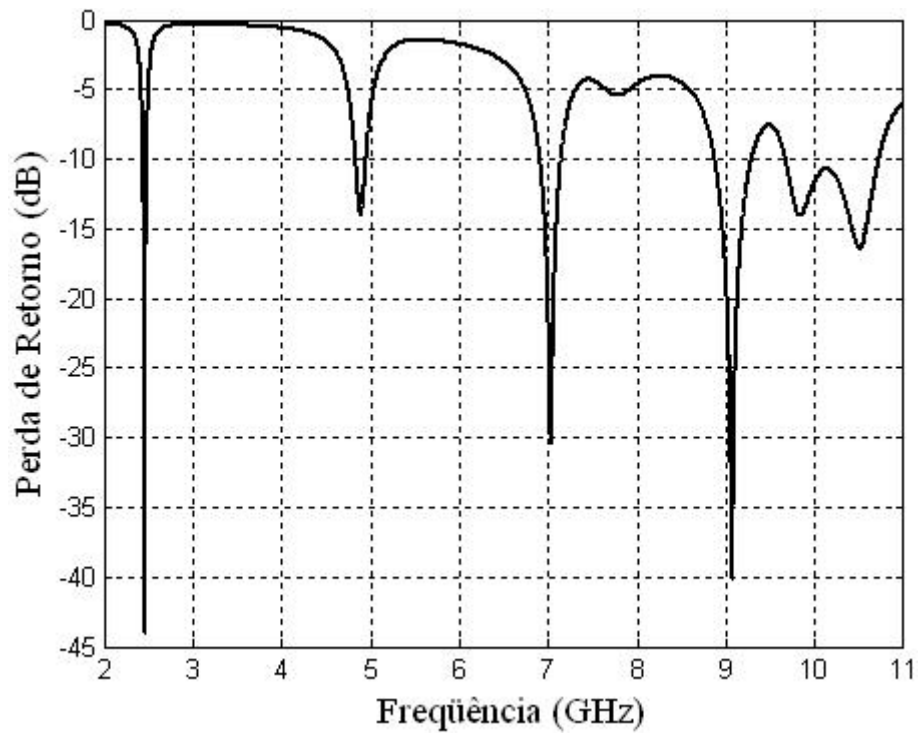


Figura 3 – Resultados simulados para a perda de retorno (dB) em função da frequência (GHz)

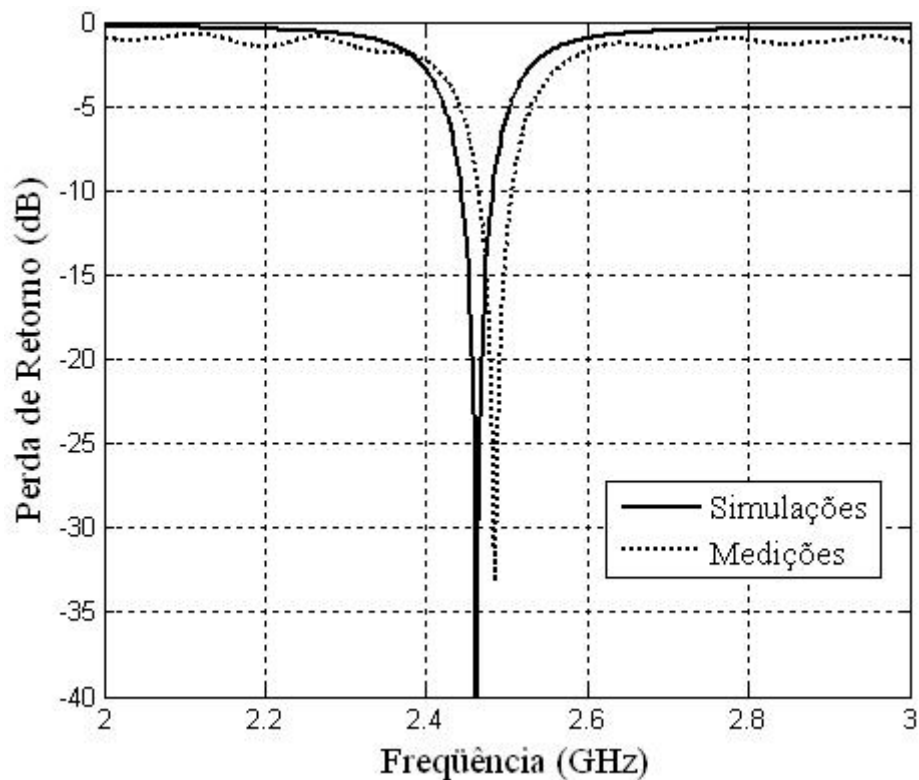


Figura 4 - Comparação entre os resultados simulados (—) e os resultados medidos (-----) para a perda de retorno (dB) em função da frequência (GHz).

#### 4. CONCLUSÕES

Neste trabalho, uma antena fractal Koch foi projetada para se obter dimensões reduzidas e operação na faixa não licenciada de sistemas BWA. Foi demonstrado que a geometria fractal auto-similar produz uma resposta multi-banda, permitindo o uso da antena em quatro diferentes faixas de frequência, todas na faixa não licenciada de sistemas de comunicação sem fio BWA e WLAN. Para a faixa de frequência de interesse a antena obteve boas características. A perda de retorno na frequência de operação ficou abaixo dos  $-15\text{dB}$ . A antena não obteve uma largura de banda satisfatória para aplicações 802.11g, que é de 83MHz. As demais bandas tiveram largura superior à 100MHz. A impedância de entrada da antena ficou igual a  $49,60\Omega$ , obtendo-se um bom casamento de impedância. Na frequência de operação o VSWR ficou igual a 1,002. Além disso, a antena foi construída com dimensões bastante reduzidas ocupando uma área de aproximadamente  $1,91\text{cm}^2$ . Essas dimensões reduzidas mostram que a antena fractal Koch pode ser também uma boa escolha para aplicações em dispositivos Handset.

#### REFERÊNCIAS

- BASILIO, L. I., KHAYAT, M. A., WILLIAMS, J. e LONG, S. A., "The Dependence of the Input Impedance on Feed Position of Probe and Microstrip Line – Fed patch Antennas", *IEEE Transactions on Antennas & Propagation*, Vol. 49, pp. 45-47, 2001.
- COHEN, N., "Fractal antenna applications in wireless telecommunications". Proceedings of Electronics Industries Forum of New England, pp. 43-49, 1997.
- FALCONER, K., "Fractal Geometry - Mathematical Foundations and Applications", John Wiley & Sons, New York, 1990.
- HANSEN, R. C., Fundamental Limitations in Antennas, Proceedings of IEEE, Vol. 69, No. 2, 1981.
- HARRINGTON, R. F., "Effect of antenna size on gain, bandwidth and efficiency", J. Res. Nat. Bureau Standards-D, Radio Propagation, Vol. 64D, pp. 1-12, 1960.
- LEE, Y.*et al.*, "Fractal and Multiband Communication Antennas", IEEE Topical Conference on Wireless Communication Technology, pp. 273 – 274, 2003.
- LIEBENDORFER, M. e DERSCH, U., Wireless LAN diversity antenna system for PCMCIA card integration, IEEE Vehicle Technology Conference, pp.2022-2026, 1997.
- LO, T. K., HO, C., HWANG, Y., LAM, E. e LEE, B., "Miniature aperture-coupled microstrip antenna of very high permittivity", Electronic Letters, Vol.33, No 1, pp.9-10, 1997.
- PUENTE, C., ROMEU, J., POUS, R. e CARDAMA, A. "On the Behavior of the Sierpinski Multiband Fractal Antenna". IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. 46, No. 4, pp. 517-524, 1998.
- RAMESH, M. e KB, Y., "Design Formula for Inset Fed Microstrip Patch Antenna", *Journal of Microwaves and Optoelectronics*, Vol. 3, N.o 3, pp. 5 – 10, 2003.
- SZE, J. e WONG, K., "Slotted rectangular microstrip antenna for bandwidth enhancement", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. 48, pp.1149-52, 2000.
- WATERHOUSE, R. B., "Small microstrip patch antenna", Electronic Letters, Vol. 31, No 8, pp.604- 605, 1995.
- YANG, X., CHIOCHETTI, J. D. Papadopoulos, and L. Susman, "Fractal Antenna Elements and Arrays". Applied Microwave & Wireless, Vol. 11, No. 5, p. 34-46, 1999.