

Geometria Fractal de Koch Adaptada para Microstrip, Aplicada em Acopladores de Microondas

Sthefany Santos¹, Byanca Amorim², Diogo Miyazki⁴, Cesar Dartora⁴

¹ UFPR 1, Curitiba, Brasil

² UFPR 2, Curitiba, Brasil

³ UFPR 3, Curitiba, Brasil

³ UFPR 4, Curitiba, Brasil

stherastro@gmail.com

Resumo - O presente trabalho, teve como objetivo propor o estudo de acopladores de microondas com geometria fractal. Visto que, esta geometria é conhecida como curva de Koch, no entanto, não será a estrutura com forma original a ser utilizada. As imagens que permitiam serem idênticas a uma estrela ou um floco de neve agora não existem. No modelo desenvolvido suas pontas estão voltadas para dentro da sua estrutura, permitindo assim uma outra imagem, contribuindo na redução do espaço da microstrip ao introduzir as suas pontas para o interior da geometria. As ordens de ramificação do fractal neste estudo foram 0, 1(adaptada) e 2(adaptada). Os acopladores foram projetados para operar em 5 GHz. As simulações foram realizadas no software Advanced Design System (ADS). Os resultados obtidos sugerem que á uma certa relevância na eficiência do ressonador do dispositivo quando as geometrias são analisadas através dos parâmetros S.

I. INTRODUÇÃO

Dispositivos de linha de transmissão em microstrip é bastante popular devido suas facilidade de fabricação, e o fato de que existe na literatura a descrição de várias técnicas de miniaturização de circuitos implementados utilizando esta tecnologia [1]. Foi através dessas vantagens que pode-se estudar a possibilidade de utilizar geometrias fractais impressa paralelamente sobre o plano terra em um substrato.

Apesar da teoria dos fractais ter sido desenvolvida em 1965, suas aplicações em alguns dispositivos começaram em meados da década de 1980, partindo da criação de Nathan Cohen [2]. Em seu projeto, desenvolveu-se a teoria de antenas aplicada a estruturas que mantivessem auto-similaridade em suas geometrias progressivas.

A interposição de algumas estruturas fractais no substrato dielétrico RF4, foram desenvolvidos nos últimos anos como uma alternativa para obter ressonância multibanda (dual band, tri band, quad band), pois geometrias comuns, como as euclidianas, não fornecem tais alternativas, em contraste com geometrias fractais [3][4].

O estudo do fractal neste trabalho, contribuirá para a caracterização de acopladores direcionais de micro-ondas,

em alguns casos a elaboração de circuitos que aderem a uma estrutura fractal permiti que seu uso seja de bom desempenho, possibilitando soluções práticas em aplicações na faixa de micro-ondas. Além de apresentar medidas de comprimento, área e volume, diferente das dimensões euclidianas usuais, tais objetos dessa definição só podem ser adequadamente mensurados em espaços de dimensão fracionária (ASSIS, 2008).

II. CURVA DE KOCH

Freqüentemente usada em dispositivos eletrônicos, A geometria que será estudada, foi inspirada na curva de Koch (fig.1). Essa estrutura tem perfil descrito por auto-similaridade exata, e trata-se de um fractal geométrico matemático gerado por algoritmos recursivos que se aplicam aos lados de um triângulo equilátero [5].O procedimento iterativo é ilustrado a baixo.

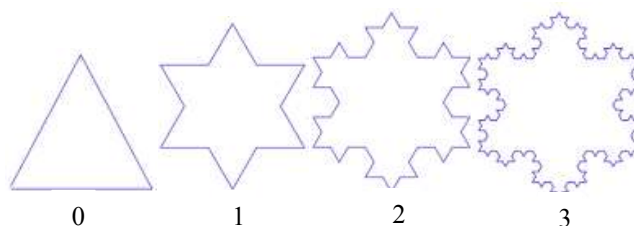


Fig. 1: Curva fractal de Koch nas ordens da iteração 0, 1, 2 e 3.

Foi demonstrado que o uso da curva de Koch é eficiente na redução da frequência de ressonância do estrutura e alcança uma melhor seletividade de frequência, melhorando o desempenho do ressonador [6][7]. Apesar de bons resultados e estudos com a geometria de Koch original em alguns projetos de microondas, ainda não se tem uma discussão detalhadas acerca de procedimentos e formulações sobre a modificação dessa geometria em placas de circuitos. Assim esse trabalho tem o intuito de apresentar um estudo, e consequentemente trazer resultados significativos sobre o desenvolvimento da geometria fractal de Koch adaptada para um acoplador de micro-ondas, este dispositivo será

sujeito a uma faixa de frequência de operação variada em 4 GHz a 6 GHz.

Se tem como intenção neste trabalho desenvolver três prototipos de acopladores (fig.2) com quatro portas, sendo que eles obterão três fases de ramificação, que serão vistos como: ordem 0, 1(adaptada) e 2 (adaptada) da geometria de Koch. O simulador *Advanced Design System (ADS)* foi utilizado para modelar a estrutura e obter alguns resultados ideais. Aqui, a curva de Koch foi ligeiramente modificada, a fim de preservar a distância entre as linhas de transmissão acopladas.

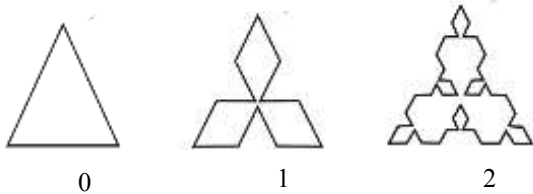


Fig. 2: curva de Koch adaptada. ordem 0, ordem 1 e ordem 2.

As dimensões físicas utilizadas nas simulações, utilizando o software ADS, são as seguintes: $d = 2,5$ cm, $L = 5$ cm e espessura da linha $t = 0,1$ cm. O substrato dielétrico foi FR-4, com constante dielétrica de 4,8 e espessura de 0,1 cm.

Utilizando as propriedades de simetria, a matriz de dispersão (S), que contém 16 elementos, possui apenas 8 elementos relevantes. parâmetros (S_{11} , S_{12} , S_{13} , S_{14} , S_{41} , S_{42} , S_{43} , S_{44}).

III. RESULTADOS SIMULADOS

A. Subseção A

Para um referencial de comparação do comportamento das placas foi proposto também um acoplador de linhas paralelas sem geometria fractal adaptada, onde adere as mesmas condições que as demais placas que são sujeita a geometria. Na presente seção, os resultados serão mostrados a seguir:

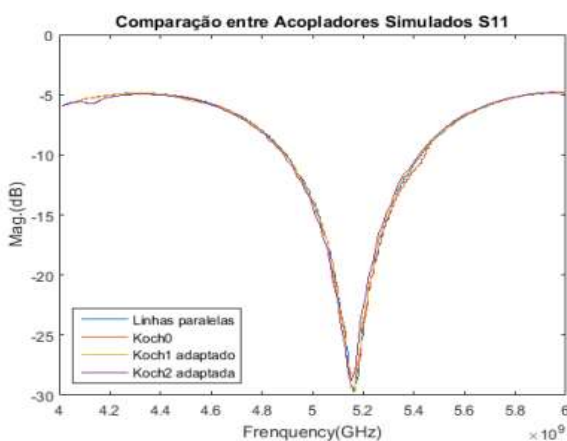


Fig. 3: Comparação do coeficiente de reflexão S_{11} , em módulo, para Acopladores de Koch adaptada da ordem 0, 1 e 2, em função da operação frequência, variando de 4 GHz a 6 GHz.

É possível ver na fig. 20 o módulo do coeficiente de reflexão na porta 1 (S_{11}), para o acoplador de linhas paralelas e acopladores com Geometria Koch de ordem 0, 1 e 2 em função da frequência de operação, variando de 4 GHz a 6 GHz. Como visto acima o coeficiente de reflexão para todas as geometrias aparentemente não são afetados, devido um baixo acoplamento das geometrias

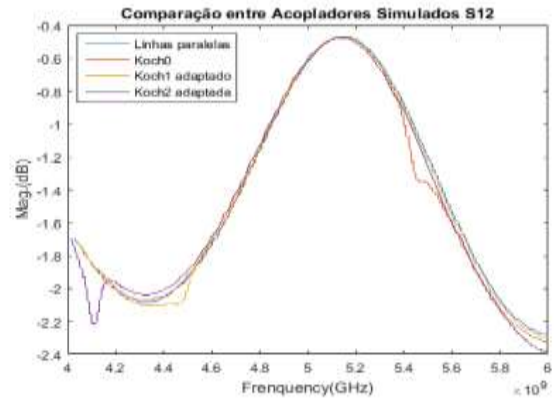


Fig. 4 Acopladores de Koch adaptada da ordem 0, 1 e 2, em função da operação frequência, variando de 4 GHz a 6 GHz.

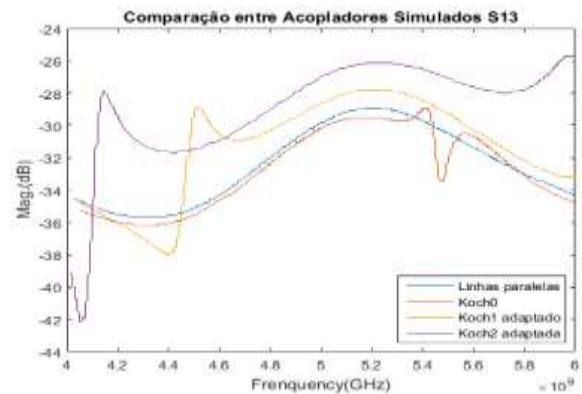


Fig. 5 Acopladores de Koch adaptada da ordem 0, 1 e 2, em função da operação frequência, variando de 4 GHz a 6 GHz.

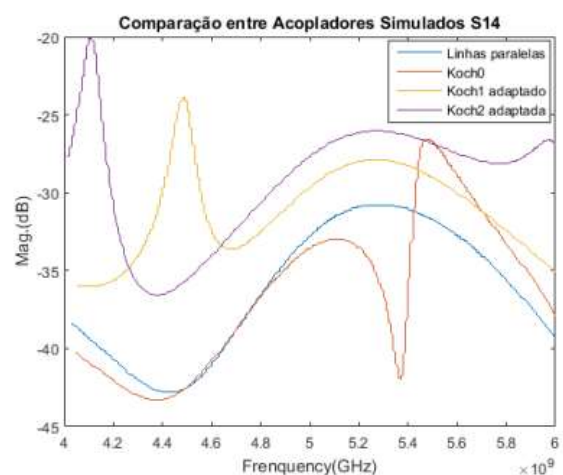


Fig.: 6 Acopladores de Koch adaptada da ordem 0, 1 e 2, em função da operação frequência, variando de 4 GHz a 6 GHz.

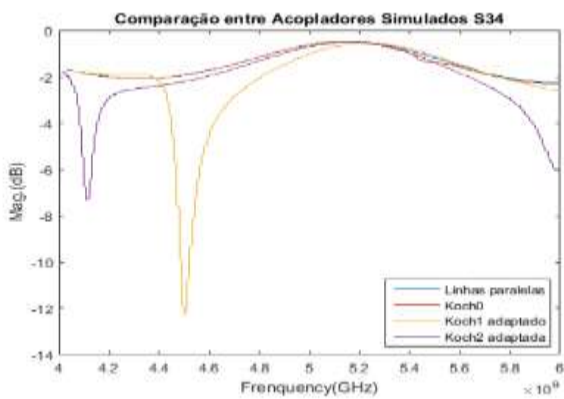


Fig. 7 Acopladores de Koch adaptada da ordem 0, 1 e 2, em função da operação frequência, variando de 4 GHz a 6 GHz.



Fig. 10 Acopladores de Koch adaptada da ordem 0, 1 e 2, em função da operação frequência, variando de 4 GHz a 6 GHz.

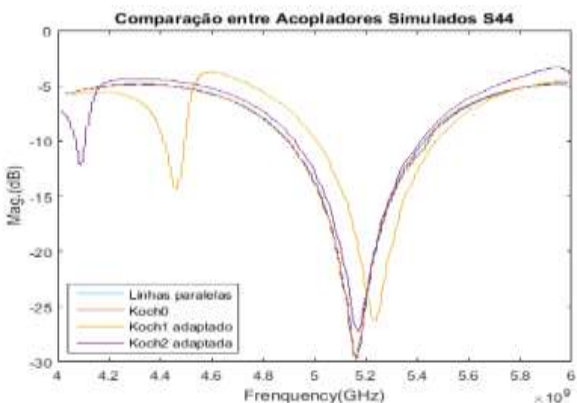


Figura: 8 Acopladores de Koch adaptada da ordem 0, 1 e 2, em função da operação frequência, variando de 4 GHz a 6 GHz.

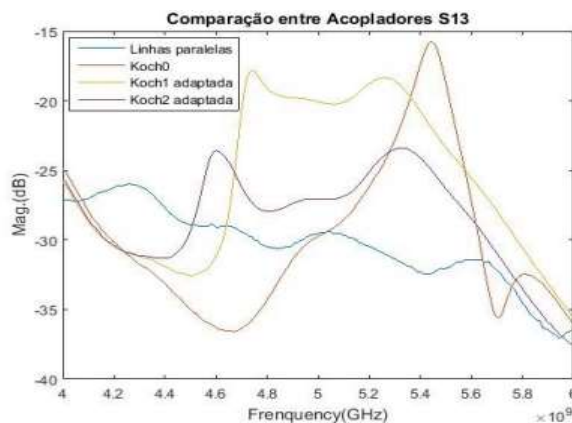


Fig. 11 Acopladores de Koch adaptada da ordem 0, 1 e 2, em função da operação frequência, variando de 4 GHz a 6 GHz.

IV RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Através das medições da proporção do dispositivo fornecidos pelo simulador, foram construídos protótipos que adotaram a geometria fractal de Koch como linha condutora, seguindo as ordens de ramificação esperadas.

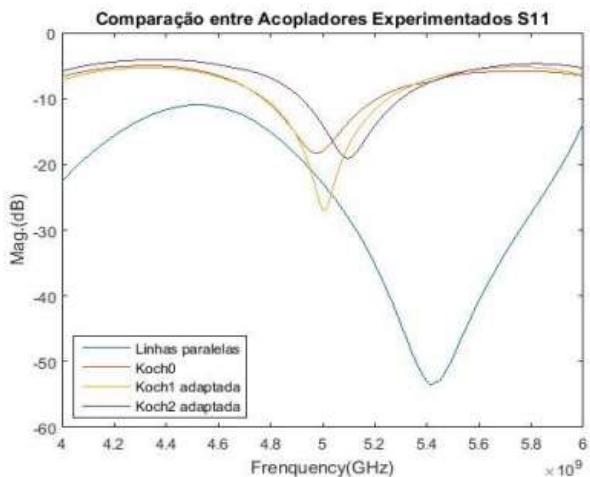


Fig. 9 Acopladores de Koch adaptada da ordem 0, 1 e 2, em função da operação frequência, variando de 4 GHz a 6 GHz.

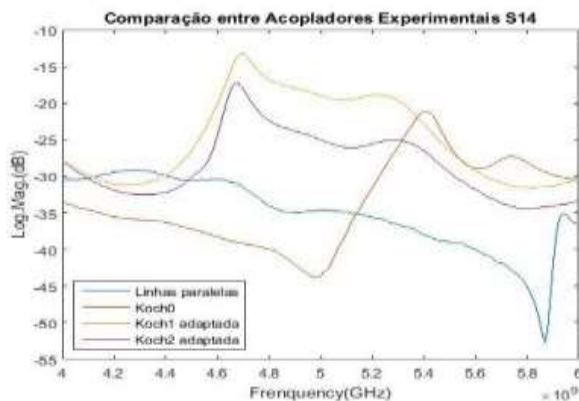


Fig.: 12 Acopladores de Koch adaptada da ordem 0, 1 e 2, em função da operação frequência, variando de 4 GHz a 6 GHz.

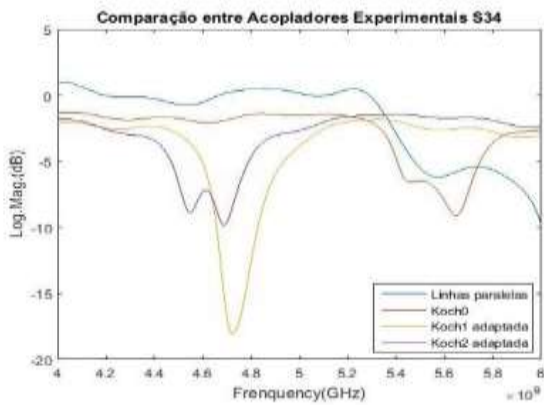


Fig. 13 Acopladores de Koch adaptada da ordem 0, 1 e 2, em função da operação frequência, variando de 4 GHz a 6 GHz.

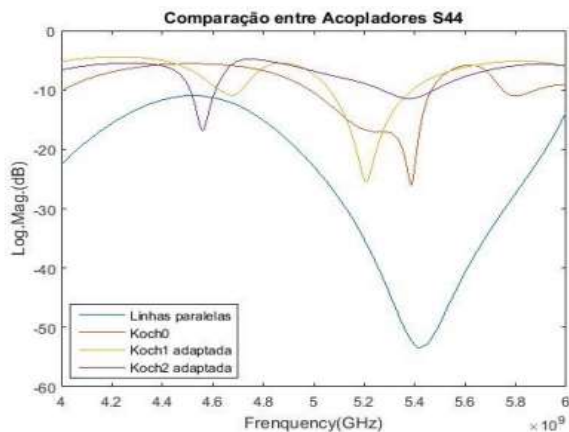


Fig. 14 Acopladores de Koch adaptada da ordem 0, 1 e 2, em função da operação frequência, variando de 4 GHz a 6 GHz.

V CONCLUSÃO

A partir dos dados apresentados pelo simulador ADS, pode-se verificar que alguns resultados mostram uma resposta esperada, como os resultados da comparação de parâmetros S_{11} da Fig. 3. Como o caminho das geometrias é aparentemente semelhante, a ordem fractal não obterá uma o rendimento da resposta é diferente, neste caso, é possível que seja o vértice que interfere nesse procedimento, porque esse

fato não altera os resultados dos parâmetros extraídos de outras portas apresentadas.

Os resultados extraídos do VNA que aderem a um resposta particularmente considerada, faz realmente uso das definições do uso de geometrias fractalizadas em dispositivos. Através da análise de alguns parâmetros, como a fig. 9, pode-se observar que há uma certa consideração pelas características multibandas, pois foram identificadas regiões de ressonância, que mostra as discrepâncias que a fractal geometria causa. Essa consideração da ressonância no protótipos foi perceptível nas geometrias mais fractalizadas e em áreas com maior preenchimento da linha condutora.

Portanto, pode-se descrever que houve uma maior influência da base das geometrias de Koch (portas 3 e 4), resultando em diferentes parâmetros de frequência e largura de banda em comparação com os dados obtidos na parte superior do geometria (portas 1 e 2). Isso corrobora que a geometria fractal estudada influencia diretamente a eficácia do dispositivo.

REFERÊNCIAS

- [1] L. M. SILVA. "Projetos de Acopladores Híbridos em Quadratura Compactos por meio de linhas de transmissão Artificiais, p. 1–15, 2015.
- [2] K. ANNARAN, S. R. P. DEEPAK, S. RAJU. Reduced Size Koch Fractal Hybrid Coupler for IEEE 802.11b/g Wireless Applications. India, vol. 3. n. 04, 2008.
- [3] H. GHALI, T. MOSELHY, Design of Fractal Rat-Race Coupler. Egypt, IEE MTT-S International Microwave Symposium Digest. p. 323-326, 2004.
- [4] H. S. AHMED, A. J. SALIM, J. K. A. ALI. A Compact Dual-band Bandstop Filter Basead on Fractal Microstrip Resonators. p. 140-144, 2015.
- [5] J. PODHOSTNIK. Fractal Structures. vol. 04, p. 08-09, 2012.
- [6] B. B. MANDELBROT. The Fractal Geometry of Nature. p. 34-58, 1977.
- [7] M. ALQAISSY, C. CHAKRABRATY, J. ALI, A. R. H. ALHAWARI. A miniature fractal-basead dual-mode dual-band microstrip bandpass filter design. International Journal of Microwave and Wireless Technologies, vol. 7, n. 2, p.127-133, 2015.
- [8] B. BANGERTER, S. TALWAR, R. AREFI and K. STEWART,. "Networks and Devices for the 5G Era". IEEE Communications Magazine 52, no. 2 (2014): 90-96