

# **ARTIGO CIENTÍFICO**

## **ÁREA DE CONCENTRAÇÃO**

**CIÊNCIA E TECNOLOGIA**



**RESUMO** :Este artigo apresenta um estudo com a finalidade de modelar uma antena do tipo loop fractal através do software de design de antenas “4NEC2”. Este trabalho buscou projetar uma antena com um comprimento reduzido, através da técnica de miniaturização, que fosse ressonante em 12 MHz. Inicialmente, empregou-se a geometria do tipo large loop devido a sua eficiência de radiação. Ao construir esse loop utilizou-se a geometria loop fractal do tipo “Koch Snowflake”, que garantiu um aumento do comprimento da antena, mas com uma área limitada.

**Palavras Chaves:** LOOP FRACTAL. MINIATURIZAÇÃO. 4NEC2.

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, há uma tendência de que os componentes eletrônicos tornem-se cada vez menores e mais compactos. Isso possibilita seu emprego em uma gama maior de áreas, tanto civis quanto militares.

As antenas tipo “loop” apresentam simplicidade, baixo custo e versatilidade. Elas podem ter vários formatos: circular, triangular, quadrado, elíptico, etc. São amplamente utilizadas em links de comunicações até as bandas de microondas (até  $\pm 3$  GHz).

Neste artigo, uma antena foi proposta para possível emprego em um sistema de comunicações que necessite de antenas miniaturizadas. Uma das principais técnicas empregadas foi o uso de antenas com a geometria do tipo “loop fractal”, por permitir um aumento do comprimento da antena, sem aumentar a sua área. Uma grande parte dos estudos nos últimos anos empregou essa técnica para o design de antenas em UHF e SHF, para emprego em diversas aplicações como GPS, WiMax, radares e satélites.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 PROBLEMA

Como realizar a modelagem de antenas

miniaturizadas para um sistema de comunicações, sem gastos com softwares pagos?

### 2.2 HIPÓTESE

Há uma grande quantidade de softwares que permitem a modelagem de antenas, neste trabalho foi empregado o programa gratuito “4NEC2”, que fornece ferramentas essenciais para o desenvolvimento de um projeto de antena.

### 2.3 OBJETIVO GERAL

Realizar a modelagem de uma antena miniaturizada através de software livre.

### 2.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

a) Estabelecer qual software livre deve ser empregado para a modelagem de uma antena miniaturizada;

b) Realizar a modelagem de uma antena miniaturizada através de software livre.

### 2.5 JUSTIFICATIVA

Nas últimas décadas, uma grande quantidade de estudos buscou explorar as possibilidades de miniaturização de antenas,

as quais podem ser empregadas em sistemas de comunicações instalados em espaços físicos limitados, como viaturas ou aeronaves, além da vasta gama de aparelhos de emprego civil que empregam redes móveis.

## 2.6 REFERENCIAL TEÓRICO

Ao propor o estudo de antenas do tipo loop, verificou-se, durante a pesquisa, que em relação ao comprimento de onda empregado, podem ser classificadas como small loop ou large loop. Essa classificação é fundamental, pois estabelece características próprias para cada tipo de loop em relação à eficiência de radiação e à distribuição de corrente ao longo do loop.

A modelagem da antena proposta neste artigo teve como principal objetivo miniaturizar o tamanho de uma antena com um padrão de radiação horizontalmente polarizado.

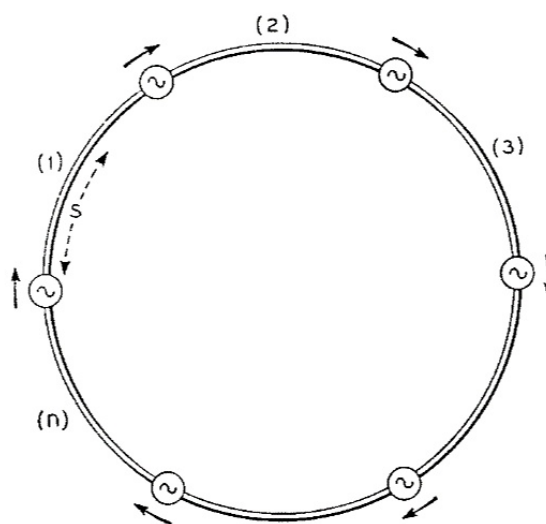
É importante saber que, no espaço livre, a antena loop com o maior ganho é a que abrange a maior área para uma dada circunferência, que é o loop circular, porém, é difícil de construir. A segunda melhor é a antena de loop quadrado (square loop), a qual pode ser alimentada para polarização horizontal ou vertical, simplesmente colocando o ponto de alimentação no centro de um braço horizontal ou no centro de um braço vertical.

Uma antena do tipo small loop possui o comprimento de até 0.1 (um décimo) do comprimento de onda ( $\lambda$ ), em que, considerando um square loop, cada lado é considerado um elemento de corrente uniforme modelado como um dipolo ideal. Enquanto uma antena do tipo large loop opera próxima ao primeiro ponto de ressonância, que ocorre a partir de 0.1 (um décimo) do comprimento de onda.

Ao analisar a distribuição de corrente em uma antena do tipo loop, conforme [1], [2] e [4], verifica-se que em antenas do tipo small loop há uma distribuição de corrente substancialmente uniforme, com amplitude e fase constantes, mas com uma resistência de radiação muito baixa e uma elevada reatância indutiva, que causa dificuldades para o casamento de impedância e dificuldades para o seu uso em aplicações que necessitem

transmissão. No entanto, em antenas do tipo large loop verificamos uma resistência de radiação maior, mas com uma distribuição de corrente não uniforme ao longo do loop, com variação da amplitude e fase, a menos que seja estabelecida nesse large loop a impressão de fontes de corrente de maneira uniforme, conforme a figura 1.

FIGURA 1: Distribuição uniforme de fontes em uma antena Loop



Fonte: Neha, 2014.

O principal problema ao modelar uma antena nesse contexto, conforme [2], trata-se da forma como as fontes serão impressas ao longo do loop.

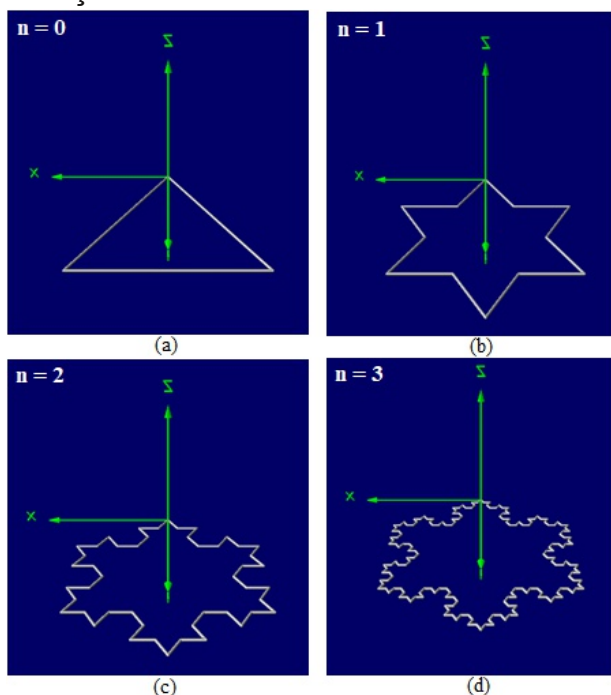
Buscou-se na pesquisa projetar uma antena a ser empregada para uma frequência de 12 Mhz, com uma necessidade específica de se ter o menor comprimento possível, mas com uma eficiência de radiação adequada para o emprego proposto.

O principal fator empregado para a miniaturização foi o uso da geometria fractal [6], [7], [8] e [9] do tipo Koch Snowflake. Essa geometria estabelece uma antena loop fractal com sua forma originada a partir de “iterações” (programação de repetição de uma ou mais ações), que são feitas em cada um dos lados de um triângulo equilátero inicial. Essa geometria tem como uma das principais vantagens o aumento regular do perímetro, mas com um aumento reduzido da

área ocupada pela antena. Dessa forma, consegue-se atingir o comprimento ótimo para ressonância da antena, mas com uma área reduzida.

Neste artigo, a antena projetada tem um comprimento ótimo para a frequência de operação de 12 MHz. A partir dessa frequência de operação, tem-se que o comprimento de onda ( $\lambda$ ) nesse emprego é de 25 metros (m). Dessa forma, a modelagem da antena fractal deve ser construída com um comprimento aproximado de 01 (um) lambda, ou seja, 25 m. O comprimento da antena (C) foi obtido a partir do emprego do software 4nec2, que permite o cálculo da impedância da antena e o comprimento em que antena foi ressonante para a frequência de 12 MHz.

FIGURA 2: Iterações Koch Snowflake: (a) 0 iteração, (b) 1 iteração, (c) 2 iterações, (d) 3 iterações.



Fonte: Neha, 2014.

Neste estudo, foi feito o cálculo do tamanho do lado do triângulo equilátero inicial, que a partir das iterações permite o aumento do comprimento da antena, mas com um aumento da área reduzido. Os valores do lado inicial do triângulo; do perímetro inicial do triângulo; do perímetro final do fractal; da relação entre o

comprimento da antena (C) e comprimento de onda ( $\lambda$ ) e da impedância estão apresentados nas tabelas 1, 2 e 3. Foi empregado o software 4NEC2 para a modelagem da antena e para o cálculo da impedância.

TABELA 1: RELAÇÃO ENTRE O COMPRIMENTO DA ANTENA FRACTAL E A IMPEDÂNCIA PARA A ITERAÇÃO 1

Lado inicial (m)	Perímetro Inicial (m)	Perímetro Final (m)	C / $\lambda$	Impedância
5.6250	16.8750	22.50	0.90	62.8 – 567j
6.2500	18.7500	25.00	1.00	72.3 – 300j
6.8750	20.6250	27.50	1.10	92.1 – 65j
7.0000	21.0000	28.00	1.12	97.7 – 19j
7.0625	21.1875	28.25	1.13	101 + 4.87j
7.1250	21.3750	28.50	1.14	104 + 28.7j

TABELA 2: RELAÇÃO ENTRE O COMPRIMENTO DA ANTENA FRACTAL E A IMPEDÂNCIA PARA A ITERAÇÃO 2

Lado inicial (m)	Perímetro Inicial (m)	Perímetro Final (m)	C / $\lambda$	Impedância
4.6875	14.0625	25.00	1.00	47.3 – 555j
5.1563	15.4688	27.50	1.10	55.1 – 315j
5.6250	16.8750	30.00	1.20	70.0 – 98.1j
5.7188	17.1563	30.50	1.22	74.2 – 54.7j
5.8125	17.4375	31.00	1.24	78.8 – 10.5j
5.8594	17.5781	31.25	1.25	81.4 + 11.8j



TABELA 3: Relação Entre O Comprimento Da Antena Fractal E A Impedância Para A Iteração 3

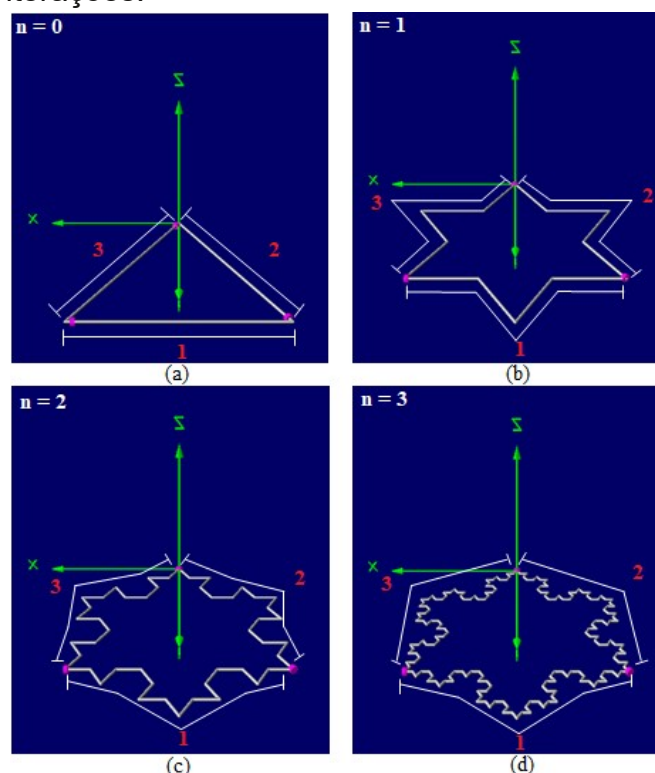
Lado inicial (m)	Perímetro Inicial (m)	Perímetro Final (m)	C / $\lambda$	Impedância
4.92	14.76	35	1.40	56.7 - 107j
4.99	14.98	35.5	1.42	60.0 - 70j
5.06	15.19	36	1.44	63.4 - 31j
5.10	15.29	36.25	1.45	65.5 - 8j
5.13	15.40	36.5	1.46	67.2 + 9j
5.20	15.60	37	1.48	71.4 + 49.6j

Nos resultados apresentados nas tabelas 1, 2 e 3, pode-se verificar que a ressonância ocorre para valores, da relação entre comprimento da antena e comprimento de onda, de 1.12, 1.24 e 1.45 respectivamente para as iterações 1, 2 e 3.

O tipo de antena modelado acima, com apenas uma fonte de energia, estabelece uma corrente que não é uniforme ao longo do loop, consequentemente, não garante um padrão de radiação constante. Uma solução proposta para o design da antena em questão permite, ao distribuir as fontes de corrente de maneira uniforme ao longo do loop, um padrão de radiação horizontalmente polarizado, considerando que o loop esteja no plano horizontal.

Ao empregar essa geometria, a antena proposta foi dividida em 03 (três) pétalas, em que uma pétala consiste em uma sequência de segmentos ligados, que são excitadas a partir da linha de alimentação localizada no primeiro segmento de cada pétala. Cada pétala é alimentada individualmente. Na figura 3 podemos verificar uma aplicação do loop fractal proposto por , em que são estabelecidas fontes de corrente em cada uma das três pétalas.

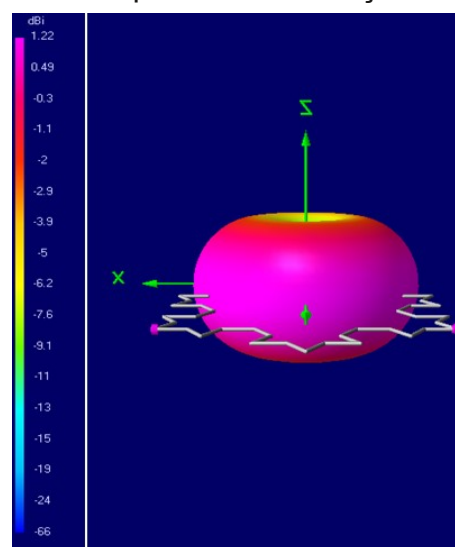
FIGURA 3: Iterações Koch Snowflake e a divisão da antena em 03 pétalas: (a) 0 iteração, (b) 1 iteração, (c) 2 iterações, (d) 3 iterações.



Fonte: Neha, 2014.

Na figura 4 podemos verificar o padrão de radiação, obtido a partir do 4NEC2, do Loop fractal com 03 (três) pétalas e 2 (duas) iterações. Um padrão de radiação horizontalmente polarizado conforme proposto no trabalho.

FIGURA 04 : Padrão de Radiação do Loop fractal com 03 pétalas e 2 iterações.



Fonte: Neha, 2014.

### 3. CONCLUSÃO

Neste trabalho, foi estabelecido um projeto para miniaturização de uma antena ressonante para a frequência de 12 MHz através do desenvolvimento de uma antena loop Fractal. Inicialmente, empregou-se uma antena do Tipo Large Loop, que permite uma adequada resistência de radiação. Empregou-se ainda a geometria fractal do tipo snowflake, pois possibilita um aumento do comprimento da antena, mas com um limitado aumento de área da mesma e, ainda, mantém o formato de loop. Em seguida, realizou-se a divisão do loop em três partes, com a finalidade de se ter uma corrente uniforme, que possibilitou uma antena com um padrão de radiação horizontalmente polarizado.

### REFERÊNCIAS

- Warren L. Stutzman, Gary A. Thiele. Antenna Theory and Design. John Wiley & Sons, 2012.
- Sergei A. Schelkunoff e Harald T. Friis. Antennas: theory and practice. New York: Wiley; London: Chapman & Hall, 1952.
- Andrew Alford e A. G. Kandoian. Ultrahigh-Frequency Loop Antennas. AIEE Transactions, 1940.
- C.-C. Lin, L.-C. Kuo, e H.-R. Chuang. A Horizontally Polarized Omnidirectional Printed Antenna for WLAN Applications. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. 54, No. 11, November 2006.
- O. F. G. Palacios, R. E. D. Vargas, J. A. Heraud. Perez e S. B. C. Erazo. S-Band Koch Snowflake Fractal Antenna for Cubesats. IEEE, 2016.
- S. Neha A., P. C. Dalsania e H. J. Kathiriya. Analysis of Koch Snowflake Fractal Antenna for Multiband Application. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), 2014.
- N. S. Dandgavhal e M. B. Kadu. Design and Simulation of Koch Snowflake Fractal Antenna for GPS, WiMAX and Radar Application. IEEE Bombay Section Symposium (IBSS), 2015.
- R. Hasse, V. Demir, W. Hunsicker, D. Kajfez, e A. Elsherbeni. Design and Analysis of Partitioned Square Loop Antennas. ACES Journal, Vol. 23, Nº. 1, March 2008.
- D. H. Werner e S. Ganguly. An Overview of Fractal Antenna Engineering Research. IEEE Antennas and Propagation Magazine, Vol.45, Nº1, 2003.

