

## **UTILIZAÇÃO DE ANTENA DE MICROFITA EM GEOMETRIA FRACTAL NA DETECÇÃO DA PERDA DE MASSA ÓSSEA**

LUARA KAROLINNY MACHADO DE OLIVERA<sup>1\*</sup>; JURGEN KLINSMANN AZEVEDO NOGUEIRA<sup>2</sup>; VALDEMIR PRAXEDES DA SILVA NETO<sup>3</sup>;

<sup>1</sup>Estudante de Engenharia Civil, UFERSA, Caraúbas-RN, luaramachado.rn@gmail.com;

<sup>2</sup>Estudante de Mestrado em Engenharia Elétrica, UFRN, Natal-RN, jurgenazevedo@hotmail.com;

<sup>3</sup>Dr. em Engenharia Elétrica e de Computação, Prof. Adjunto II CMC, UFERSA, Caraúbas-RN, valdemir.neto@ufersa.edu.br

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018  
21 a 24 de agosto de 2018 – Maceió-AL, Brasil

**RESUMO:** Este trabalho propõe o uso de antenas de microfita miniaturizadas como um método de baixo custo para auxiliar a detecção da perda de massa óssea através da atenuação de ondas eletromagnéticas refletidas, a fim de prevenir a osteoporose. Para isto, foi proposta a aplicação das curvas fractais geométricas de Koch e Minkowski no design das antenas planares com frequência de ressonância em 2,5GHz com dimensões físicas reduzidas. Os testes foram realizados em tecido ósseo bovino a fim de reproduzir as condições de anomalia do corpo humano. Os resultados mostram que com a utilização de antenas de microfita miniaturizadas é possível avaliar o nível de atenuação na estrutura óssea.

**PALAVRAS-CHAVE:** Perda de massa óssea; osteoporose; antenas de microfita; geometria fractal.

### **USING OF MICROSTRIP ANTENNA IN FRACTAL GEOMETRY IN THE DETECTION OF BONE MASS LOSS**

**ABSTRACT:** This work proposes the use of miniaturized microstrip antennas as a low cost method to aid in the detection of bone mass loss through the attenuation of reflected electromagnetic waves in order to prevent osteoporosis. For this, it was proposed the application of the Koch and Minkowski geometric fractal curves in the design of 2.5GHz resonant frequency planar antennas with reduced physical dimensions. The tests were performed on bovine bone tissue in order to reproduce the abnormal conditions of the human body. The results show that with the use of miniaturized microstrip antennas it is possible to evaluate the level of attenuation in the bone structure.

**KEYWORDS:** Bone Mass Loss; Osteoporosis; Microstrip Antennas; Fractal Geometry.

### **INTRODUÇÃO**

A osteoporose é um distúrbio ósseo que se refere à degradação de massa óssea e deterioração da arquitetura microscópica do esqueleto ósseo (Marieb et al., 2014). Em consequência, os ossos tornam-se fracos e mais propensos a fraturas. Quando a doença causa perda de 30 a 40% da massa, há geralmente ocorrência de fraturas nas vértebras, terço distal do rádio, fêmur, úmeros e pequenos ossos periféricos. Ocasionalmente dores agudas, deformidades esqueléticas como, acentuação da cifose dorsal, acentuação da lordose cervical e retificação da lordose lombar (Szejnfeld et al., 2011). Neste sentido, é de suma importância o diagnóstico precoce da perda de massa óssea.

Em razão da inviabilidade econômico-financeira existente no Brasil, deve-se buscar novas tecnologias que venham auxiliar o diagnóstico precoce da perda de massa óssea, através da implementação de equipamentos com baixo custo de desenvolvimento e fácil manuseio, a fim de prevenir a osteoporose. Reduzindo assim os gastos com internações por fratura (Cruz, 2013).

Este trabalho tem como proposta utilizar as geometrias fractais de Koch e Minkovski para miniaturizar as antenas de microfita que serão utilizadas na avaliação do comportamento de ondas

eletromagnéticas refletidas e refratadas no tecido ósseo analisado de forma a quantificar a atenuação do sinal emitido.

Uma antena é definida por Kraus (1983) como uma estrutura formada por uma região de transição entre uma onda guiada e uma onda no espaço, ou vice-versa. Essa estrutura opera no modo radiação ou recepção de ondas de rádio.

As antenas de microfita são alimentadas por uma linha de microfita condutora de ondas eletromagnéticas que permitem a construção de projetos mais compactos (Sadiku, 2012). Esse dispositivo consiste de duas placas condutoras paralelas, separadas por um substrato dielétrico. A placa superior é denominada de elemento irradiante (patch) e a outra nomeada de plano de terra. O patch metálico pode ter diferentes configurações, tais como retângulos, triângulos, círculos e diferentes tipos de geometrias fractais. A geometria fractal iniciasse com um elemento gerador, posteriormente o ocorre a reprodução reduzida desse elemento, ou seja esta forma geométrica é gerada recursivamente e apresenta dimensões fracionárias. A antena com geometria fractal consegue preencher o espaço de forma a miniaturizar elementos clássicos de antenas, como dipolos e quadros, e superar algumas das limitações de antenas de pequenas dimensões, como a largura de banda limitada (Balanis, 2009).

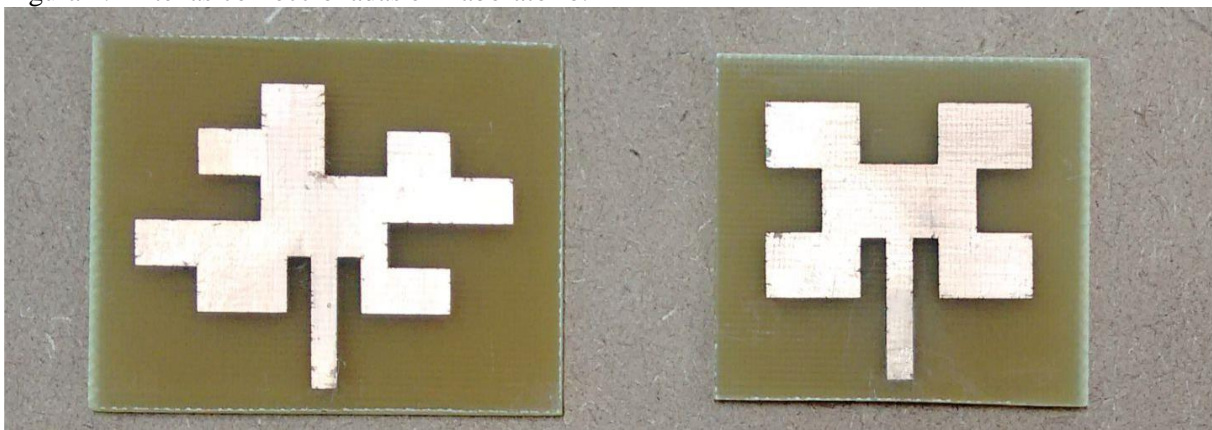
## MATERIAL E MÉTODOS

A aquisição dos sinais foi realizada por meio de dois pares de antenas com as geometrias fractais de Koch e Minkowski. Essas curvas fractais possuem propriedades de auto similaridade, que correspondem ao caráter multibanda das antenas projetadas e características de preenchimento do espaço, que é responsável pela miniaturização das dimensões (Oliveira et al., 2010). Ambos os pares foram alimentados por uma linha de microfita com impedância característica de  $50\Omega$  para o fractal de Koch e  $52\Omega$  para o fractal de Minkowski.

O elemento gerador utilizado consiste de uma antena tipo patch retangular de 31mm de largura e 20,5mm de comprimento para gerar a curva de Koch e de 28,2mm de largura e de 18,8mm de comprimento para gerar a curva de Minkowski, ambos para interação  $k=1$ . Posteriormente diversas simulações foram realizadas no software comercial Ansoft *HFSS<sup>TM</sup>*.

Após as simulações as antenas foram confeccionadas com a microfita de face de cobre e substrato de fibra de vidro (FR4), com permissividade elétrica de 4,4, tangente de perdas igual a 0,002 e espessura de 1,57mm. Em seguida, colou-se o adesivo em vinil com as dimensões das curvas de Koch e Minkowski e submeteu-se as estruturas ao percloroeto de sódio a fim de corroer o cobre, deixando com a presença desse metal apenas o patch e o plano de terra. Foram confeccionadas duas antenas para cada tipo de fractal, totalizando quatro estruturas. A Figura 1 mostra a esquerda a antena com fractal de Minkowski e a direita com fractal de Koch.

Figura 1. Antenas confeccionadas em laboratório.

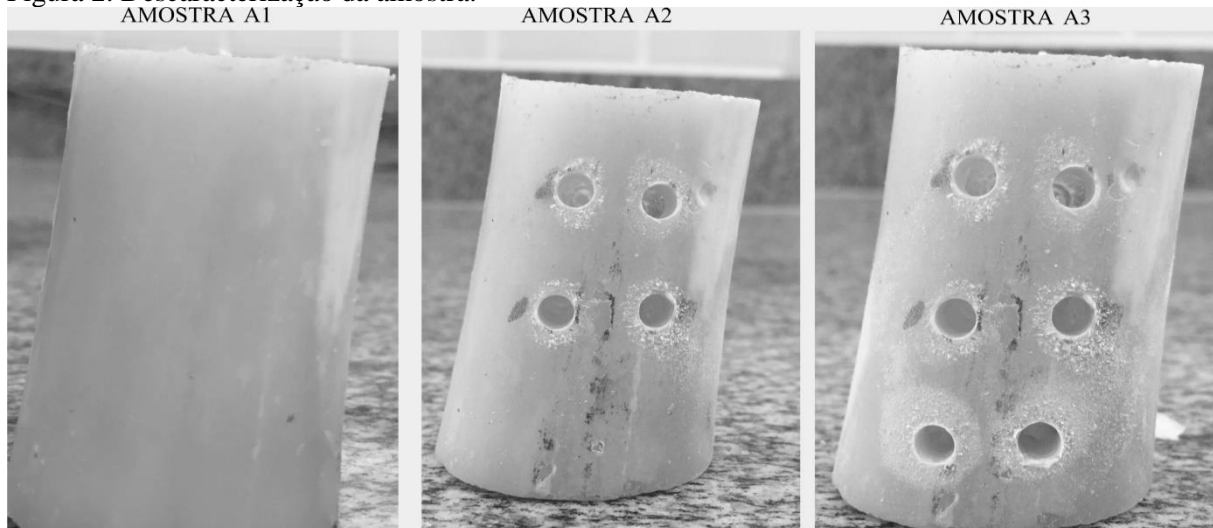


Fonte: Autora (2017)

Para a realização do experimento da perda de massa óssea, optou-se pela utilização de ossos bovinos, com o intuito de se aproximar das condições de anomalia do corpo humano. Submeteu-se uma amostra de osso bovino a descaracterização por meio de perfurações com furadeira. A amostra A1 corresponde ao osso de massa original, A2 indica o osso com massa alterada e A3 representa o osso com

uma maior perda de massa óssea. Este processo de descaracterização é ilustrado na Figura 2. As características físicas como massa e volume foram determinadas em laboratório, para fins de caracterização das amostras dos ossos. O volume foi determinado de acordo com o princípio de Arquimedes, tal princípio afirma que quando um corpo está imerso em um fluido o volume desse corpo é igual ao volume do fluido deslocado pelo corpo. A massa foi quantificada utilizando uma balança de precisão.

Figura 2. Descaracterização da amostra.



Fonte: Autora (2017)

Após a confecção das antenas, as amostras foram submetidas a radiação de micro-ondas na frequência de ressonância de 2,5 GHz, a fim de quantificar os diferentes níveis de atenuação. Realizou-se o experimento com o auxílio do Analisador de rede Agilent – E5071C ENA, o esquema é mostrado na Figura 3.

Figura 3 – Experimento da perda de massa óssea.



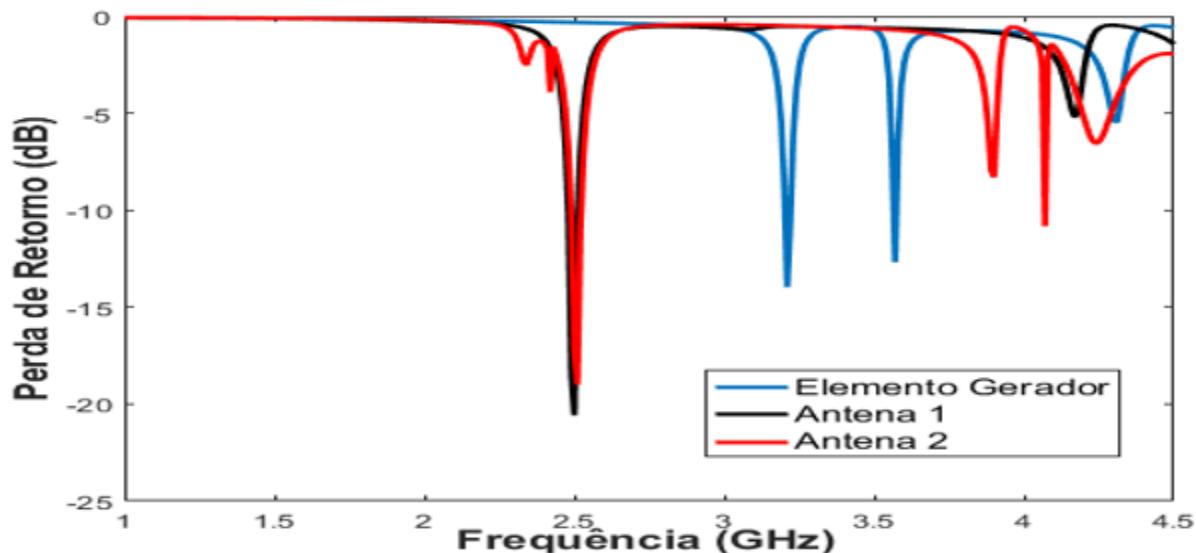
Fonte: Autora (2017)

Como o diagrama de radiação das antenas de microfita é diretivo, as antenas foram posicionadas em paralelo e entre elas foram inseridas as amostras de teste. A onda eletromagnética emitida pela antena emissora, localizada à esquerda, será recebida pela antena receptora que está localizada à direita. O osso servirá como um obstáculo entre a emissão e a recepção do sinal. Dessa forma foi possível quantificar a atenuação do sinal emitido.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Gráfico 1 apresenta a comparação entre os resultados do elemento gerador, que foi utilizado para aplicação das curvas fractais para fins de miniaturização das antenas, com os resultados dos fractais de Koch e Minkowski simulados no *HFSS<sup>TM</sup>*.

Gráfico 1. Comparativo da perda de retorno das estruturas simuladas no *HFSS<sup>TM</sup>*.

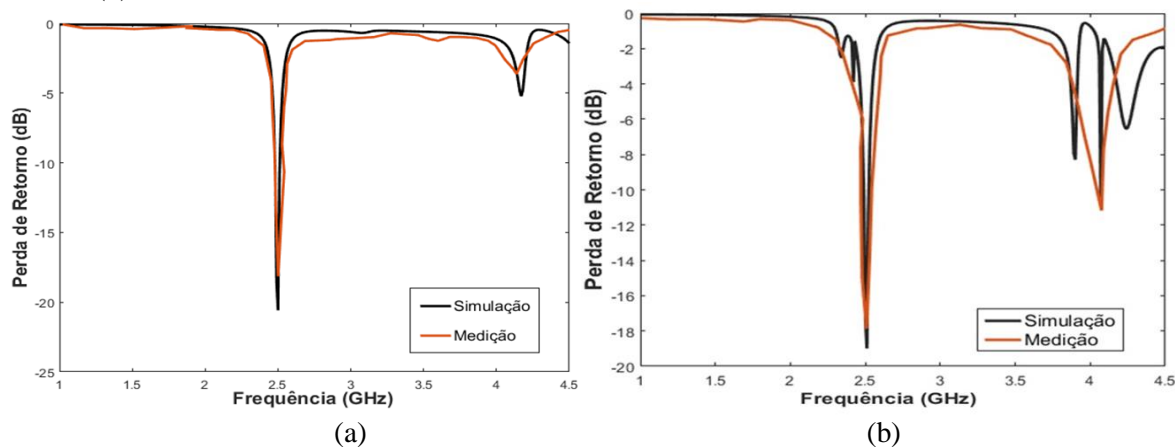


Fonte: Autora (2017)

Tanto para o caso da antena 1 (considerando a curva de Koch) e antena 2 (curva de Minkowski), a antena operou em uma frequência de 2,5GHz, exatamente. Isto representou um fator de compressão em frequência de aproximadamente 24,2%. Se considerar manter a frequência constante, esse fator de compressão poderia ser elevado para as dimensões físicas da antena, garantindo a miniaturização.

As antenas propostas neste trabalho foram caracterizadas experimentalmente. Para a antena com fractal de Koch a frequência de ressonância medida foi 2,5GHz com uma perda de retorno de -17dB e uma largura de banda medida de 65 MHz, gráfico 2(a). Considerando a antena de microfita com fractal de Minkowski a frequência de ressonância medida foi de 2,5 GHz com uma perda de retorno de -18dB e uma largura de banda medida de 72MHz, gráfico 2(b).

Gráfico 2. Comparativo dos resultados obtidos na simulação e na medição experimental: (a) Fractal de Koch e (b) Fractal de Minkowski.



Fonte: Autora (2017)

Analisando esses resultados pode-se afirmar que ambos os fractais apresentaram capacidade de miniaturização. No entanto, a antena com fractal de Minkowski apresentou característica multibanda já

que nos resultados verificou-se a presença de várias regiões de ressonância. Essas características possibilitam confeccionar antenas bem menores do que as que seriam construídas com uma geometria retangular.

Os resultados da atenuação no experimento de perda de massa óssea para a antena com o fractal de Koch (antena 1) e para a antena com fractal de Minkowski (antena 2) estão descritos nas Tabela 1.

Tabela 1. Atenuação de uma mesma amostra descaracterizada.

<b>Tipo</b>	<b>Massa (g)</b>	<b>Volume (cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Atenuação (Antena 1)</b>	<b>Atenuação (Antena 2)</b>
Amostra A1	58,7018	30	- 40,18 dB	- 57, 11 dB
Amostra A2	52,6019	28	-39,26 dB	- 37,81dB
Amostra A3	48,8829	27	- 33,64 dB	- 30,57 dB

Fonte: Autora (2017)

Considerando a antena 1, de acordo com a Tabela 1 verificou-se que a amostra A1 que corresponde ao osso saudável apresenta atenuação maior que as amostras A2 e A3 alteradas com o processo de perfuração. Analisando a antena 2, para critério de comprovação verificou-se que a amostra de maior massa óssea apresenta uma atenuação maior que as amostras alteradas. Diante dos resultados apresentados pode-se observar que a medida que a massa óssea é reduzida a atenuação é menor, o que indica que o método proposto também pode ser empregado para avaliar a evolução da doença em um dado paciente. Portanto quanto menor a massa óssea maior será a energia na antena receptora. Estes resultados comprovam a capacidade do método proposto de avaliar a perda de massa óssea através da utilização de antenas de microfita com a geometria fractal de Koch e Minkowski.

## CONCLUSÃO

O método proposto para auxiliar no diagnóstico precoce da perda de massa óssea foi o desenvolvimento de antenas de microfita com geometria fractal para avaliar o nível de massa no tecido ósseo através da atenuação de ondas eletromagnéticas refletidas. As antenas com geometria fractal possuem capacidade de miniaturização e caráter multibanda, devido a isso foi possível reduzir os custos com a fabricação do protótipo. Através da análise dos resultados verificou-se a relação direta entre a atenuação do sinal emitido e o nível de perda de massa óssea, dessa forma foi possível comprovar a eficácia das antenas miniaturizadas com os fractais de Koch e Minkowski.

Com base nesses resultados conclui-se que as antenas de microfita em geometria fractal com frequência de ressonância de 2,5GHz podem ser usadas para desenvolver exames preventivos de baixo custo a fim de prevenir a osteoporose e reduzir os gastos com internações por fraturas. O baixo custo desse método possibilitará uma maior aplicação em regiões com alto índice de inviabilidade econômico financeira existente.

## REFERÊNCIAS

- Balanis, C. A. Teoria de Antenas – Análise e Síntese. Ed.3. v. 1 e 2, Rio de Janeiro, 2009.
- Kraus, J. D. Antenas. Tradução de Paulo Antônio Marioto. Rio de Janeiro, 1983.
- Marieb, E. N.; Wilhelm, P. B.; Mallatt, J. Anatomia Humana. Ed.7. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2014.
- Oliveira, E. E. C. de.; D'Assunção, A. G.; Martins, R.A; Oliveira, J. B. L. Antenas de microfita utilizando a curva de fractal de Minkowski. In: V Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica. V CONNEPI 2010, Maceió, Anais...Maceió,2010.
- Sadiku, M. N. O. Elementos do Eletromagnetismo. Ed.3. São Paulo, 2004.
- Souza Cruz, A. Medição da densidade óssea através de ondas eletromagnéticas e classificação por MVS. 60f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica e Computação). Centro de Tecnologia. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2013.
- Szejnfeld, V. L.; Marcelo, M. P. Epidemiologia da Osteoporose no Brasil. Revista Paulista de Reumatologia. São Paulo, v.10, p.9-20, 2011.