

UMA PROPOSTA DE ANTENA PATCH DE MICROFITA TRIANGULAR PARA A FAIXA DE FREQUÊNCIA DE COMUNICAÇÃO SEM FIO

Rômulo Rodrigues de Moraes Bezerra¹

Elder Eldervitch Carneiro de Oliveira²

Pedro Carlos de Assis Júnior³

RESUMO

Este trabalho apresenta uma antena patch de microfita de baixo custo e baixo perfil baseado em um triângulo equilátero projetado para a frequência de ressonância de 2,45 GHz (pertencente à banda ISM - *Industrial Scientific and Medical*), onde temos aplicações em rede de comunicação sem fio, por exemplo, o conhecido Wi-Fi e Bluetooth. A antena apresenta uma fenda em sua geometria com a finalidade de realçar suas características de irradiação e eletromagnéticas. A antena proposta foi excitada pela técnica de linha de microfita baseado no modelo da linha de transmissão (TLM) e teve seus diversos parâmetros eletromagnéticos (parâmetros S) analisados no simulador de onda completa Ansoft DesignTM baseado no método dos momentos (MOM). Após algumas simulações com o intuito de validar o projeto e investigar o comportamento em frequência, um protótipo foi construído e medido em um analisador de rede vetorial. Resultados simulados e medidos foram obtidos, em seguida apresentados e discutidos.

Palavras-chave: Antenas de microfita. Fractal de Minkowski. Baixo perfil. Micro-ondas.

¹ Graduando em Computação pela Universidade Estadual da Paraíba – UEPB.

² Doutor e Engenharia Elétrica. Atualmente é professor adjunto da Universidade Estadual da Paraíba.

³ Doutor em Física. Atualmente é professor adjunto da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB.

1 INTRODUÇÃO

Com o advento das novas tecnologias e a crescente utilização de dispositivos para comunicação wireless (comunicação sem fio), busca-se novas técnicas de desenvolvimento que possam atender as condições necessárias para facilitar e melhorar o desempenho no momento da troca de informações em um sistema de telecomunicações.

As antenas são componentes decisivos nesses tipos de sistemas de comunicação, estas que são estruturas metálicas que irradiam e recebem energia eletromagnética pelo espaço livre (BALANIS, 1997). Antenas patch em microfita vêm provocando um imenso interesse em diversas áreas das telecomunicações, isso se deve as suas inúmeras vantagens sobre as antenas de micro-ondas convencionais. Neste sentido, o mercado e os pesquisadores tem investido em projetos de antenas que atendam as necessidades desses sistemas com facilidade de fabricação, baixas custo, compactas, facilidade de conexão a circuitos integrados de micro-ondas, que apresente propriedades multibanda e respectivamente permitam a utilização de diversas tecnologias sem fio em um único aparelho (OLIVEIRA et al., 2013), (KUMAR et al., 2003), (MANDAL et al., 2013).

Entretanto, uma das desvantagens desse modelo de tecnologia de antena é a sua largura de banda estreita, determinada pelas dimensões do patch metálico e pela constante dielétrica (ϵ_r) e altura do substrato (h), além do baixo ganho, irradiação externa nas linhas e junções entre outras (MANDAL et al., 2013), (BALANIS, 1997).

Neste sentido, este trabalho tem como propósito um projeto de antena patch em forma de triângulo equilátero com uma fenda na posição central em sua geometria com a finalidade de realçar sua característica de impedância e de irradiação do elemento patch irradiante quando comparado a uma antena patch de mesma natureza, ou seja, convencional sem a fenda (MAITY et al., 2013). O projeto da antena foi executado para a frequência de 2,45 GHz, onde temos aplicações em sistemas de comunicação sem fio e os resultados numéricos desta antena foi suportado pelo *software* comercial Ansoft DesignerTM. Um protótipo da antena proposta foi construído e medido em um analisador de rede vetorial com o intuito de validar o modelo teórico proposto.

Este artigo se encontra organizado da seguinte forma: Na Seção II, descreve a estrutura da antena proposta. Resultados simulados e experimentais são apresentados na Seção III. A seção IV apresenta as conclusões desse artigo.

2 ESTRUTURA DA ANTENA PATCH PROPOSTA

Inicialmente utilizou-se um material de baixo custo e comercialmente vendido capaz de suportar o projeto da antena proposto sem elevar o custo, neste caso foi utilizado o material de fibra de vidro (FR4) com permissividade elétrica de 4,4. Primeiramente na concepção de escolha de um substrato dielétrico de espessura adequada e tangente de perdas, dessa forma um substrato mais espesso aumenta a potência irradiada e reduz as perdas no condutor e respectivamente melhora a largura de banda de impedância (BALANIS, 1997). A largura do patch maior aumenta a potência irradiada e assim ocorre uma diminuição da frequência de ressonância, aumentando a largura de banda e respectivamente o aumento da eficiência da radiação.

A geometria da antena proposta é mostrada na Figura 1, com suas dimensões em milímetros. Ela consiste de um elemento patch triangular com os três lados iguais (caracterizando assim um triângulo equilátero) montados sobre uma camada dielétrica isotrópica depositada sobre um plano de terra totalmente preenchido de cobre. Uma fenda no centro do patch foi utilizada como elemento parasita com o intuito de realçar as características de irradiação do elemento patch e consequentemente seu diagrama de irradiação, além de melhorar a perda de retorno dessa antena em comparação com outra antena patch triangular convencional (MAITY et al., 2012). Inicialmente nomeou-se o comprimento e a largura das fendas de variáveis L_4 e L_5 , respectivamente.

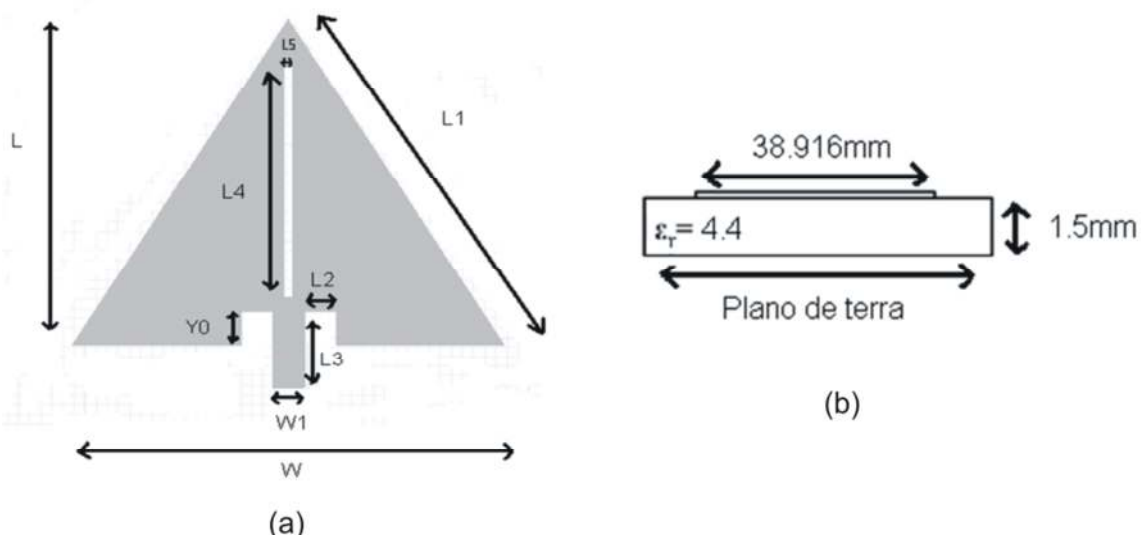


Figura 1 - Geometria da antena proposta: (a) Vista superior e (b) vista lateral.

Um estudo paramétrico foi realizado com o auxílio do *software* com o intuito de investigar numericamente a real influência do uso da fenda no desempenho da antena

em termos de perda de retorno e diagrama de radiação, com isso as dimensões dessas variáveis foram variando em porcentagem em relação a L e W buscado um valor ótimo, em que foi encontrado para a fenda no centro do patch, denominada A2, neste caso o parâmetro L4 foi igual 71% do tamanho de L e o parâmetro L5 é fixo e igual a 2% de do parâmetro W.

A alimentação da antena é realizada por uma linha de microfita (com dimensão L3 x w1), uma vez que, é de fácil fabricação e de simples casamento de impedância. O método de linha de transmissão tem como vantagem a simplicidade de produção e promove uma boa percepção física do procedimento. Este método leva em consideração os efeitos de borda causados pelo fato do patch possuir dimensões finitas, o que leva a um efeito de franjamento tanto ao longo do comprimento quanto da largura do patch. Um cabo coaxial de 50 Ω conecta-se à linha de alimentação do elemento patch através de um conector SMA. Para substrato dielétrico como dito anteriormente, foi utilizado o FR4 (fibra de vidro) de espessura (h) igual a 1,5 mm e permissividade elétrica (ϵ_r) de 4,4.

A linha de alimentação em microfita foi projetada para um sistema de 50 Ω . A maioria das aplicações Wi-Fi utilizam as faixas de 2,4 GHz e de 5,0 GHz. A frequência de ressonância da antena proposta foi criteriosamente proposta para a banda ISM em 2,44 GHz. A técnica de *inset-fed* (y0) foi utilizada para que se pudesse obter um melhor casamento de impedância da linha com o elemento radiante. Os parâmetros da antena proposta são apresentados na Tabela I.

Os parâmetros do projeto foram inicialmente baseados no modelo TLM (modelo da linha de transmissão) descrito em (BALANIS, 1997), para a frequência de operação 2,45 GHz. Por se tratar de um triângulo equilátero, com os parâmetros L1 e W iguais, esses parâmetros foram obtidos através dos modelos matemáticos por meio das equações (2) – (5) (KUMAR; RAY, 2003), (BALANIS, 1997).

$$W = \frac{c}{2F_r} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (1)$$

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[1 + 12 \frac{h}{W} \right]^{-1/2} \quad (2)$$

Em que, F_r é a frequência de ressonância, c é a velocidade da luz, ϵ_r é permissividade elétrica relativa, ϵ_{reff} é permissividade efetiva relativa, h é a espessura do substrato. A largura (L2) dos *inset-fed* foi considerada igual à largura da linha de

microfita (w_1), enquanto o valor inicial de seu comprimento foi calculado através de fórmulas aproximadas dado pelas equações (6) e (7).

$$y_0 = \frac{L}{\pi} a \cos \sqrt{\left(\frac{50}{R_{in}(0)} \right)} \quad (3)$$

$$R_{in}(0) = \frac{1}{2(G_1 + G_{12})} \quad (4)$$

Em que, $R_{in}(0)$ é a resistência de entrada na frequência de ressonância, G_1 é a condutância na abertura radiante, G_{12} é a condutância mútua entre os slots de radiação.

Tabela 1 – Dimensões da antena proposta

Parâmetros	Valores
h	1,5 mm
L	33,70 mm
L1	38,916 mm
W	38,916 mm
L5	0,8 mm
L4	24,0 mm
L3	8,0 mm
L2	2,78 mm
W1	2,78 mm
y0	3,48 mm

3 RESULTADOS DA ANTENA PATCH PROPOSTA

A antena analisada com as dimensões em milímetros de sua geometria foi mostrada na Figura 1. Um protótipo foi projetado para a frequência de 2,45 GHz e em seguida construído, conforme ilustra a Figura 2. Os primeiros resultados obtidos foram simulados no *software* comercial Ansoft DesignerTM que implementa o método dos momentos (MOM) na análise precisa do comportamento eletromagnético da antena projetada. Resultados experimentais foram obtidos por um analisador de rede vetorial modelo R&S ZVB14.

Com o propósito de validar o modelo de antena proposto, a antena da Figura 2 foi medida e teve seus parâmetros eletromagnéticos, tais como: Frequência de ressonância (F_r), perda de retorno (RL), Largura de banda (BW), largura de banda percentual (BW%) e coeficiente de onda estacionária (VSWR), obtidos pelo analisador de rede vetorial.

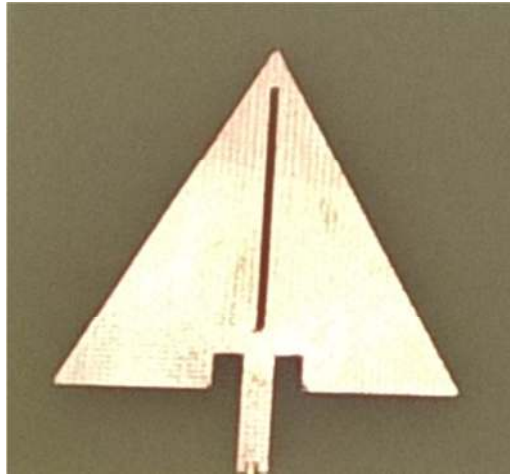


Figura 2 - Antena patch triangular construída.

O primeiro resultado é mostrado na Figura 3 que mostra o resultado obtido para a perda de retorno da antena, em que se observa uma boa concordância entre os resultados medido e simulado entorno da frequência central de projeto que foi de 2,45 GHz (pertencente à banda ISM). O resultado medido da frequência de ressonância aponta para um valor de 2,469 GHz, com largura de banda de 50 MHz. O erro obtido foi de 0,77%, erro considerado baixo para as especificações de projeto.

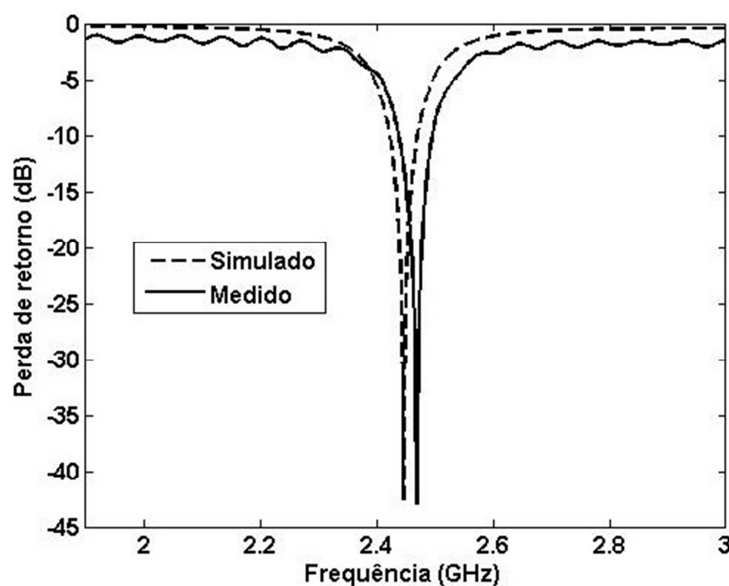


Figura 3 - Resultados de perda de retorno obtida para a antena proposta.

As baixas perdas de retorno obtidas para ambos os resultados medido ($RL = -43,0$ dB) e numérico ($RL = -42,5$ dB) indicam que a antena apresentou um bom casamento de impedância, conforme mostra medição realizada na carta de Smith (ver Figura 4), em que o valor de impedância foi de $48,3 \Omega$.

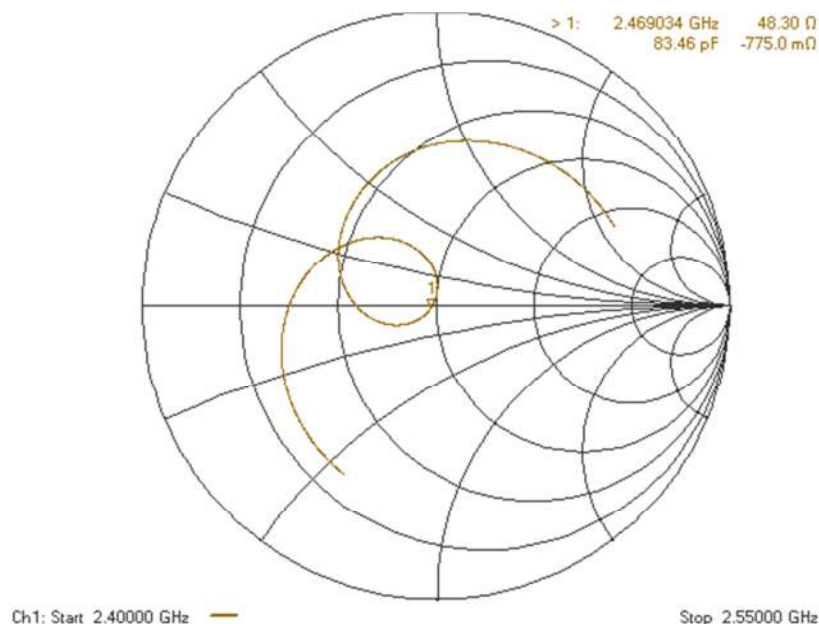


Figura 4 - Impedância de entrada medida na carta de Smith.

A Figura 5 mostra uma comparação entre simulação e medição para o coeficiente de onda estacionária (VSWR) para a antena proposta, em que se obteve a medida experimental de 1,05, bem abaixo do mínimo necessário para um bom funcionamento da antena que é de VSWR igual a 2, que corresponde a uma perda de retorno de -10 dB. Novamente uma boa concordância foi observada entre os resultados numérico e experimental.

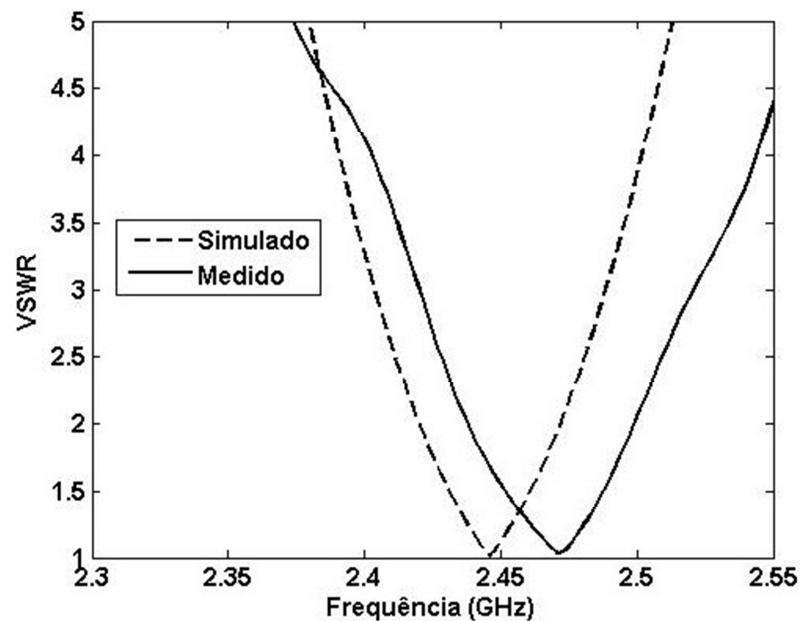


Figura 5 - Resultado simulado e medido do coeficiente de onda estacionária (VSWR).

A Figura 6 mostra os diagramas de radiação 2D (plano-H) e 3D para a antena proposta. O diagrama obtido foi para a frequência de 2,45 GHz, onde podemos observar para o diagrama obtido uma tendência a ser direcional, a priori sem nenhuma deformação ou lóbulos laterais indesejados.

O ganho obtido conforme mostrado na escala da Figura 6(b) foi de 6 (seis) dB, apresentando um máximo da concentração de energia na região de campo distante (Região de Fraunhofer).

A Figura 7(a) mostra a distribuição de corrente no patch irradiante com a fenda. Observa-se como a corrente trafega no patch fortemente influenciado pela presença da fenda que faz com que a energia fique concentrada de forma simetria nos lados opostos do patch, fazendo com que esses lados sejam as margens de irradiação, conforme mostra a Figura 7(b), onde há grande concentração de energia (representado pela cor vermelha) nesses lados. A Tabela 2 resume os resultados para a antena projetada.

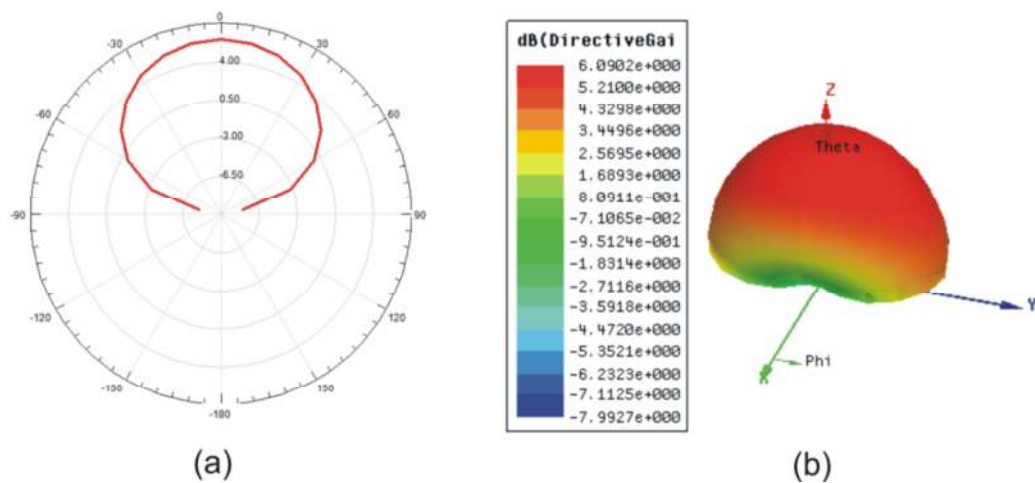


Figura 6 - Diagrama de radiação 2D (plano-H) e (b) digrama 3D com ganho em dB.

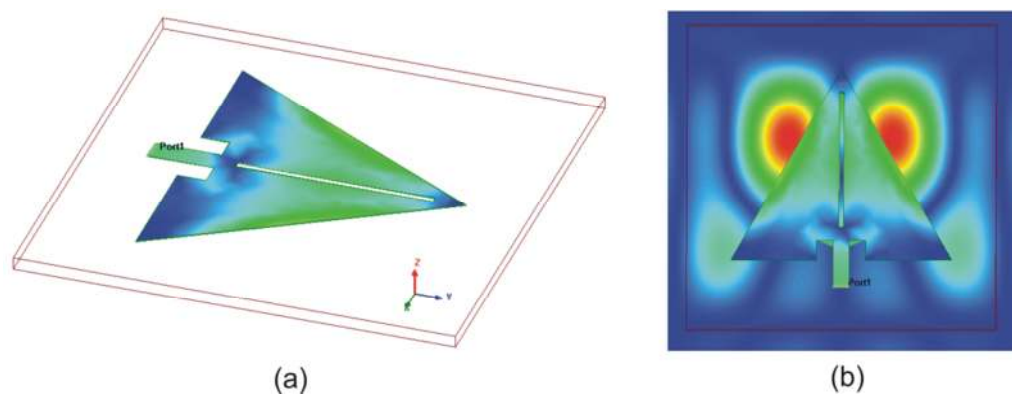


Figura 7 - (a) Distribuição de corrente no patch irradiante e (b) Concentração de energia nos lados do patch irradiante.

Tabela 2 – Resultados da antena proposta

Parâmetros	Simulado	Medido
Frequência de ressonância	2,45 GHz	2,469 GHz
Perda de retorno	-42,5 dB	- 43,0 dB
Largura de banda	50,0 MHz	50,0 MHz
Largura de banda (%)	2,04 %	2,02 %
Coefic. de onda estacionária	1,04	1,05
Impedância de entrada	—	48,3 Ω
Ganho	6,0 dB	—

4 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi proposta uma antena patch com um elemento parasita, neste caso uma fenda no centro da geometria triangular, baseado no triângulo equilátero para a faixa de frequência das micro-ondas, mais precisamente para a frequência de comunicação sem fio em 2,45 GHz que compreende a banda *industrial, scientific and medical* (ISM).

A antena foi projetada utilizando um material de baixo custo, neste caso um fibra de vidro, com permissividade elétrica de 4,4 e espessura de 1,5 mm. Pelos resultados apresentado, podemos observar uma boa concordância entre os resultados simulados e medido, com baixas perdas de retorno (bem abaixo de -10 dB), o que caracteriza um bom casamento de impedância para a estrutura analisada. A antena também apresentou boas características de radiação, conforme observado pelos diagramas de radiação 2D e 3D, apresentando um ganho de 6,0 dB, a priori, sem nenhuma deformação na sua forma de irradiar o sinal no espaço livre.

O resultado da Figura 7 mostra claramente a forte influência da fenda no projeto da antena, uma vez que a mesma foi capaz de realçar a característica de radiação concentrando toda a energia nas margens do patch triangular, minimizando assim possíveis perdas de energia que por ventura ficariam concentradas no centro do patch. O erro estimado no projeto para a frequência de 2,45 GHz foi de 0,77% considerado tolerável, dentro das especificações do projeto inicial da antena.

Para futuros trabalhos, pretende-se investigar o comportamento dessa tecnologia de antenas mais a fundo, projetando novas antenas com outras geometrias, sempre visando aplicações na faixa de comunicação sem fio e sem perda de desempenho.

AGRADECIMENTOS

Os autores do trabalho agradecem ao CNPq sob o convênio 472098/2013-6 e a Universidade Estadual da Paraíba- UEPB.

REFERÊNCIAS

BALANIS, Constantine. **Antenna theory-analysis and design**. 2. Ed. New York: John Wiley & Sons, 1997.

OLIVEIRA, E. E. C. et al. Size quasi-fractal patch antenna using the Minkowski curve". Microwave and Optical Technology Letters, 2012. 805 p.

KUMAR, G. et al. Broadband Microstrip Antennas, USA: Artech House, 2003.

MANDAL, et al. A compact high gain microstrip antenna for wireless applications. International Journal of Electronics and Communications, vol 67, 2013, 1010p.

MAITY, S. et al. Accurate Resonant Frequency of Isosceles Right-Angled Triangular Patch Antenna. Microwave and Optical Technology Letters, vol. 55, 2013, 1306p.

COHEN, N. Fractal antenna applications in wireless telecommunications. Proceedings of Electronics Industries Forum of New England, 1997, 43p.

MA, D. et al. Broadband CPW-fed RFID antenna at 5.8 GHz, Electronics. Letters, vol. 42, 2006, 1258p.

MANDELBROT, B. B. The Fractal Geometry of Nature, New York: W. H. Freeman, 1983.

PUENTE, C. et al. On the Behavior of the Sierpinski Multiband Fractal Antenna, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 46, 1998, 517p.