

Antena Têxtil Biodegradável Aplicada a WBAN utilizando o Protocolo IEEE 802.15.4

Matheus Emanuel Tavares Sousa, Humberto Dionísio de Andrade, Idalmir de Souza Queiroz Júnior, Samanta Mesquita de Holanda, Juan Rafael Filgueira Guerra

Centro de Engenharias – Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA)
Caixa Postal 137 – 59625-900 – Mossoró – RN – Brasil

matheus.emanuel@mail.com, (humbertodionisio, idalmir)@ufersa.edu.br,
samanta_holanda@hotmail.com, juan_fguerra@outlook.com

Resumo. *Este trabalho apresenta uma análise e desenvolvimento de uma antena de microfita com substrato têxtil para aplicação WBAN na faixa de frequência que utiliza o protocolo 802.15.4, em especial o serviço que atende à faixa ISM (2,40-2,4835GHz). O substrato têxtil utilizado no dispositivo estudado é composto por fibra de Polipropileno (PP) e Ácido Poliláctico de Milho (PLA), que possui constante dielétrica $\epsilon_r = 1,4060$ e tangente de perdas $tg\delta = 0,0954$. Foi realizada investigação e análise sobre os parâmetros eletromagnéticos da antena, no tocante à perda de retorno, diagrama de radiação 2D e 3D, largura de banda e ganho.*

Abstract. *This work presents an analysis and development of a textile microstrip antenna type for WBAN application in the band of frequency that uses protocol 802.15.4 especially the service that attends the range ISM (2.405-2.480GHz). The substrate used in this proposed device is fabric fiber composed of polypropylene and corn polylactic acid, which has dielectric constant $\epsilon_r = 1.4060$ and loss tangent $tg\delta = 0.0954$. We will analyze the electromagnetic parameters of the antenna, regarding the loss of return, 2D and 3D radiation pattern, bandwidth and gain.*

1. Introdução

O setor de comunicação sem fio é um dos setores da telecomunicação que mais cresce, e segundo a Associação EUBrasil (2016), as comunicações móveis devem crescer entre 20 % e 100 % ao ano nos próximos 10 anos. Para aplicações Industriais, Médicas e Científicas (ISM – *Industrial, Scientific and Medical*), em que no Brasil há uma faixa não licenciada classificada como ISM 2,4 GHz, que especifica uma largura de banda total de 83,5 MHz e com 16 canais e é utilizada atualmente como um nova tendência para aplicações de em Redes Corporais sem Fio (WBAN- *Wireless Body Area Network*), as características físicas das antenas de microfita, que incluem baixo peso e volume, adaptabilidade à superfícies planas e não-planas e baixo custo, são atrativas, além disso, Elsadek (2010) cita que a maioria dos requisitos dos sistemas de comunicação sem fio são cumpridos por antenas de microfita, e o alcance de aplicações em sistemas de comunicação sem fio tem sido cada vez maior para as antenas com configuração *patch* retangular, e essas características de baixo custo e simplicidade estão de acordo com o protocolo IEEE 802.15.4, que é um padrão que fundamenta tecnologias com base em baixo custo e tecnologia flexível.

A antena de microfita consiste de um *patch* e um plano de terra feitos de material metálico separados por um substrato, que é composto por um material dielétrico e que pode possuir diversas configurações de alimentação, incluindo alimentação por cabo coaxial ou alimentação por linha de microfita [Huang e Boyle, 2008]. A Figura 1 ilustra uma das configurações de antena de microfita.

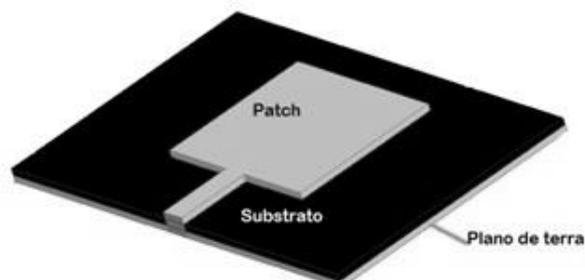


Figura 1. Antena de Microfita com *Patch* retangular

Segundo Hertleer (2010), a próxima geração de vestimentas será sensorizada, logo, é necessário que ocorra uma adaptação das ferramentas de comunicação sem fio, como antenas têxteis. Em razão do crescimento da tendência de diminuição de dimensões e peso e do crescimento da tecnologia de dispositivos portáteis, as antenas usadas nesses dispositivos devem acompanhar essa tecnologia. Para Moretti (2011), a utilização de materiais flexíveis para o projeto e construção de dispositivos de Identificação por Rádio Frequência (RFID – *Radio Frequency Identification*) é uma das características mais desejadas. A flexibilidade contribui para a portabilidade dos dispositivos e as antenas de tecido podem ser utilizadas em aplicações RFID como, por exemplo, na identificação e localização pessoal em especial em aplicações militares, monitoramento remoto de pacientes, o monitoramento de pressão sanguínea, batimento cardíaco, níveis de glicose, dentre outros. A tendência de crescimento da modalidade de assistência à saúde conhecida como *Home Care*, devido ao envelhecimento da população mundial, que é um dos desafios enfrentados pelo crescimento populacional, e aos altos custos dos sistemas de saúde, o tratamento hospitalar seria à domicílio, o que evitaria a longa permanência de pacientes em hospitais, já que essa longa espera em hospitais afeta a qualidade de vida [Movagassi, 2014] [Santos, 2016].

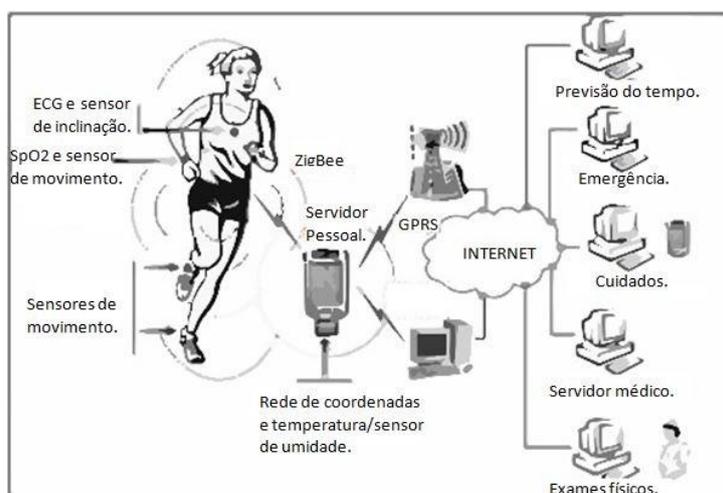


Figura 2. Aplicação da rede WBAN
Fonte: Adaptado de Saleem, Ullah e Kwak, 2011

Essa evolução tecnológica, associada às antenas com radiações de baixa potência, permitiu o desenvolvimento de uma nova concepção de arquitetura de rede designada como WBAN (*Wireless Body Area Networks*), ou redes corporais sem fio, que monitoram os pacientes internados em hospitais ou em domicílio pelo uso da rede mundial de computadores, a Internet [Santos, 2016]. Este trabalho tem como objetivo simular uma antena com substrato têxtil composto por fibra de Polipropileno (PP) e Ácido Poliláctico de Milho (PLA) com uso do *software ANSYS® HFSS* e analisar os resultados com relação aos diagramas de radiação de campo elétrico e magnético 2D e 3D e gráfico de coeficiente de reflexão e sua aplicabilidade à faixa ISM 2,4 GHz não licenciada, e conseqüentemente sua aplicação à tendência WBAN.

2. Materiais e Métodos

A metodologia aplicada neste trabalho dar-se inicialmente a partir da realização de uma análise numérica, em especial a utilização do Método da Cavidade e o Método da Linha de Transmissão, sendo estes necessários para determinação das variáveis dimensionais que serão utilizadas no projeto do dispositivo proposto.

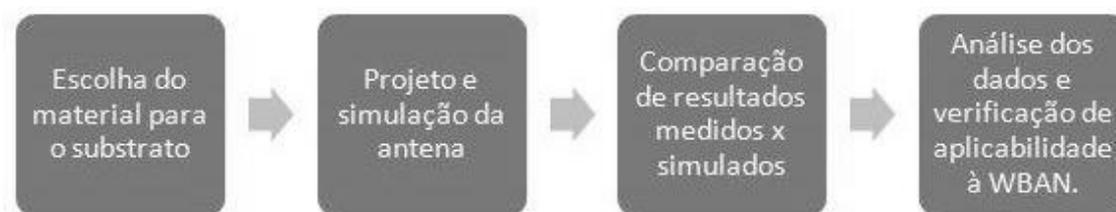


Figura 3: Processo metodológico

A antena proposta foi projetada usando substrato têxtil feito de polipropileno com ácido poliláctico de milho, cuja estrutura pode ser observada na Figura 4, e projetada por meio do modelo da linha de transmissão, utilizando a técnica de alimentação por linha de microfita com impedância de entrada igual a 50Ω .

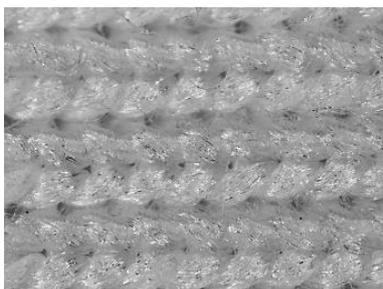


Figura 4. Estrutura do polipropileno e ácido láctico de milho
Fonte: Holanda, 2016

O cálculo das dimensões foram realizados com o auxílio do *software MatLab®* e a simulação da antena proposta foi realizada através *software HFSS® (High Frequency Structure Simulator)*. Holanda (2016) apresenta a caracterização elétrica e têxtil do material utilizado no substrato.

As variáveis de entrada para o início do projeto são frequência de ressonância f_r , altura do substrato h e permissividade relativa do substrato ϵ_r [Huang e Boyle, 2008] [Balanis, 2005].

Conhecendo-se essas variáveis, pode-se calcular a dimensão W , que é a largura do *patch*, utilizando a Equação 1.

$$W = \frac{1}{2f_r\sqrt{\epsilon_o\mu_o}} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r} + 1} \quad (1)$$

Em que ϵ_o e μ_o são a permissividade no espaço livre e permeabilidade no espaço livre, respectivamente. Após encontrar a dimensão W é possível estimar a permissividade relativa efetiva ϵ_{ef} do meio.

A antena de microfita possui uma estrutura aberta, e com isso o campo eletromagnético não fica totalmente confinado no dielétrico, mas também no ar em volta da antena. Isso provocará uma permissividade relativa efetiva ϵ_{ef} menor que a permissividade relativa do substrato [Sadiku, 2004]. ϵ_{ef} pode ser determinado pela Equação 2.

$$\epsilon_{ef} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[1 + 12 \frac{h}{W} \right]^{-0,5} \quad (2)$$

Em que h é a altura do substrato, que para o projeto é de 2,1mm.

Em razão dos efeitos de borda, o *patch* da antena fica com comprimento elétrico maior que suas dimensões físicas. As dimensões do *patch* serão estendidas, sendo essa extensão de comprimento ΔL calculada a partir da Equação 3.

$$\Delta L = 0,412h \frac{(\epsilon_r + 0,300) \left(\frac{W}{h} + 0,264 \right)}{(\epsilon_{ef} - 0,258) \left(\frac{W}{h} + 0,800 \right)} \quad (3)$$

Após o cálculo de ϵ_{ef} e ΔL , é possível determinar qual será o comprimento do *patch*, por meio da Equação 4.

$$L = \frac{1}{2f_r\sqrt{\epsilon_{ef}}\sqrt{\epsilon_o\mu_o}} - 2\Delta L \quad (4)$$

As Equações 1-4 foram usadas para encontrar as dimensões do *patch* da antena, agora para encontrar a largura W_m da linha de alimentação, é feito o uso da Equação 5, considerando $Z_o = 50\Omega$.

$$Z_o = \frac{120\pi}{\sqrt{\epsilon_r} \left(\frac{W_m}{h} + 1,393 + 0,677 \ln \left(\frac{W_m}{h} + 1,44 \right) \right)} \quad (5)$$

Para encontrar W_m , recorreu-se ao método numérico da bissecção.

Para obter o comprimento L_m da linha de alimentação, é usada a Equação 6.

$$L_m = \frac{c}{4f_r\sqrt{\epsilon_{ef}}} \quad (6)$$

Para realizar a otimização do parâmetro de perda de retorno são utilizadas técnicas de casamento de impedância, nesse caso, inserção de *insetfeed* no *patch* [Holanda, 2016].

Matin e Sayeed (2010) apresentam a Equação 7 para o cálculo da largura x_o do *inset feed*.

$$x_o = \frac{c}{\sqrt{2\varepsilon_{ef}}} \frac{4,65 * 10^{-12}}{f_r} \quad (7)$$

Balanis (2005) apresenta a Equação 8 para o cálculo do comprimento y_o do *inset feed*.

$$y_o = \frac{L * \arccos\left(\sqrt{\frac{Z_o}{R_{in}}}\right)}{\pi} \quad (8)$$

Sendo R_{in} a resistência de alimentação em $y_o = 0$.

3. Resultados e Discussão

A partir da simulação realizada foi possível obter o gráfico que relaciona a perda de retorno da antena projetada com cada frequência no intervalo de 1 a 3 GHz e também os diagramas 2D e 3D do campo elétrico e do campo magnético. As dimensões são mostrados na Tabela 1, e as dimensões calculadas são ilustradas na Figura 5. Na Figura 6 é mostrada a antena de microfita construída com material têxtil.

Tabela 1. Dimensões da Antena.

<i>Parâmetros</i>	Dimensões (mm)
W_m	8,5373
L_m	26,1216
W	55,7817
L	49,6965
x_o	1,0000
y_o	11,000

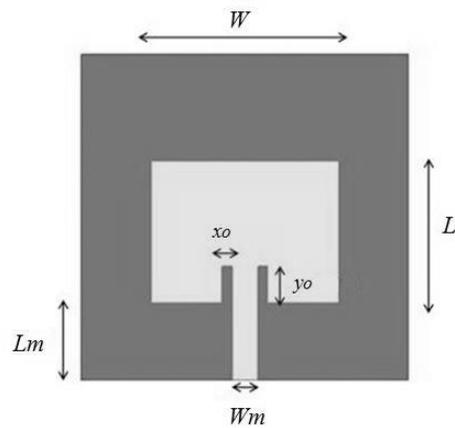


Figura 5. Dimensões da antena de microfita.

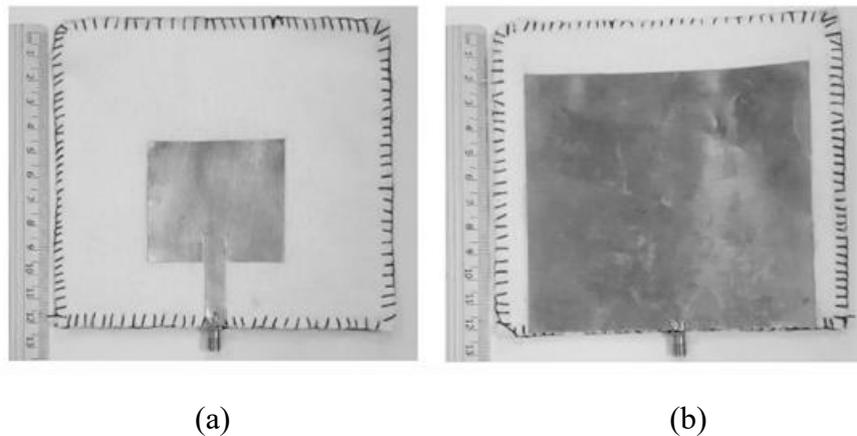


Figura 6: Antena de microfita construída com material têxtil (a) Visão frontal (b) Visão posterior

Na Figura 7 é mostrado o coeficiente de reflexão em função da frequência do dispositivo projetado, no tocante para o valor simulado, obtido no *software* ANSYS® HFSS, e medido, obtido por meio de um analisador vetorial de redes, que possui um *range* de frequências de 700 MHz até 20 GHz.

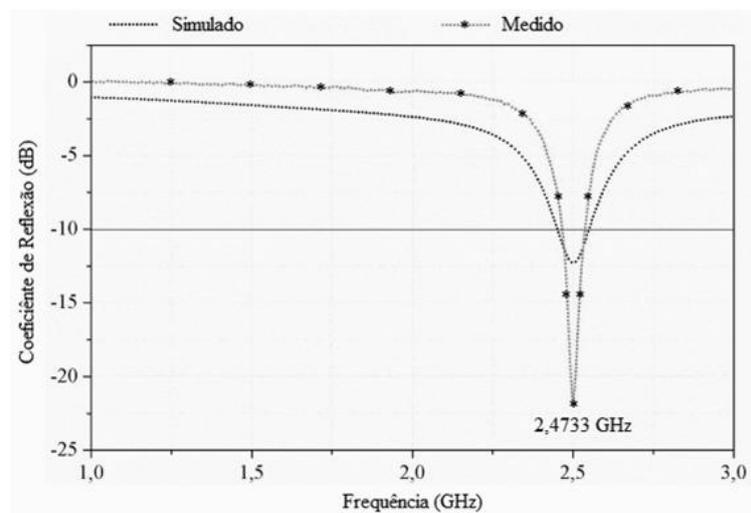


Figura 7: Comparação do Coeficiente de reflexão para antena têxtil simulada e medida

Na Figura 7 pode-se observar que tanto para a antena com valores simulados e medidos, o dispositivo proposto apresenta uma frequência de operação de 2,4733 GHz com uma perda de retorno de -20,3034 dB e largura de banda de 78 MHz, para a antena construída.

Na Figura 8 é possível observar os diagramas de radiação 2D e 3D que indicam o comportamento de radiação do campo eletromagnético.

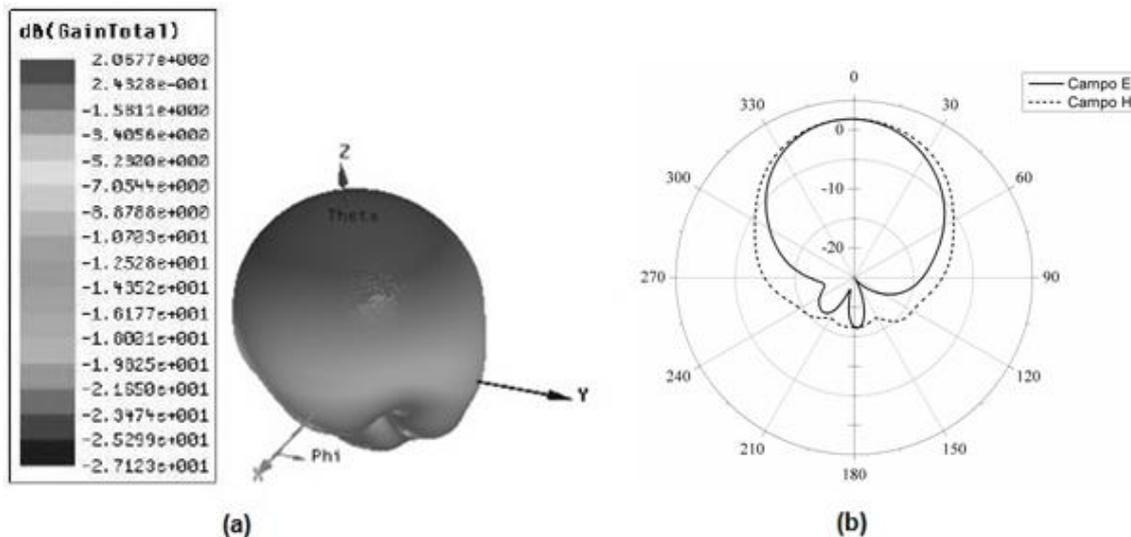


Figura 8: Diagramas de radiação (a) 3D e (b) 2D

A antena apresentou comportamento *broadside*, ou seja, a radiação ocorreu de forma ortogonal ao *patch* da antena com ganho de 2,0677 dB.

4. Conclusão

Os resultados possibilitam um entendimento a respeito das propriedades eletromagnéticas da estruturas proposta observando que a utilização de antenas de microfita em tecnologias WBAN apresenta-se como uma forma de solução à aplicabilidade, ou seja, a perda de retorno, ganho e padrão de radiação estão em concordância com a tecnologia a que se destina, em especial, para o atendimento dentro da faixa de frequência ISM, mostrando também concordância com o protocolo IEEE 802.15.4, uma vez que seu padrão é alcançar um dispositivo de baixo custo e com tecnologia flexível.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem a CNPq e UFERSA.

Referências

Associação EUBrasil. “O Futuro do Setor das Comunicações Móveis”. (2016). Disponível em <<http://www.eubrasil.eu/pt/2016/03/01/o-futuro-do-setor-das-comunicacoes-moveis/>>. Acesso em: 18 de fev. de 2018.

- Balanis, C. “Antenna Theory: Analysis and Design”. 3. ed. New Jersey: Wiley, 2005.
- Elsadek, H. “Microstrip Antennas for Mobile Wireless Communication Systems, Mobile and Wireless Communications Network Layer and Circuit Level Design”. (2010). Salma Ait Fares and Fumiyuki Adachi (Ed.), InTech, DOI: 10.5772/7705. Disponível em: <<https://www.intechopen.com/books/mobile-and-wireless-communications-network-layer-and-circuit-level-design/microstrip-antennas-for-mobile-wireless-communication-systems>>. Acesso em 18 de fev. de 2018.
- Hertler, C., et al. “Influence of Relative Humidity on Textile Antenna Performance”. Textile Research Journal. vol.80, p. 177 – 183, 2010.
- Holanda, S. M. “Estudo e desenvolvimento de antenas de microfita utilizando tecido de malha a base de fibras têxteis compostas”. 2016. 142 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2016.
- Huang, Y.; Boyle, K. “Antennas: From Theory to Practice”. New Delhi: Wiley, 2008.
- IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vols. AP-17, no. 3, May 1969; AP-22, No. 1, January 1974; and AP-31, No. 6, Part II, November 1983.
- Matin, M., Sayeed, A., “A Design Rule for Inset-fed Rectangular Microstrip Patch Antenna”. WSEAS Transactions on Communications, Vol 9, N. 1, p. 63-72, Jan. 2010.
- Moretti, A. “Estudo do brim Santista visando aplicações em antenas têxteis”. (2011). 58 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011. Disponível em: <<http://repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/259178>>. Acesso em: 19 fev. 2018.
- Movassaghi, S., Abolhasan, M., Lipman, J., Smith, D., Jamalipour, A. “Wireless Body Area Networks: A Survey”. IEEE Communications Surveys & Tutorials, [s.l.], v. 16, n. 3, p.1658-1686, 2014. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/surv.2013.121313.00064>. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/6710228/>>. Acesso em: 23 fev. 2018.
- Sadiku, M. “Elementos de Eletromagnetismo”. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.
- Saleem, S., Sana U., Kyung S.K. "A study of IEEE 802.15. 4 security framework for wireless body area networks." Sensors, 11.2, p. 1383-1395, 2011.
- Santos, N. “Uma Plataforma de Larga Escala Utilizando a Tecnologia WBAN para Monitoração de Pacientes”. 2016. 153 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência da Computação, Faculdade Campo Limpo Paulista, Campo Limpo Paulista, 2016. Disponível em: <<http://www.cc.faccamp.br/>>. Acesso em: 17 fev. 2018.