

Plataforma para medição de diagrama de irradiação de antenas na faixa de microondas utilizando Arduino

Orlando M. A. Neto, Vitor L. G. Mota, Vanessa P. R. Magri, Tadeu N. Ferreira, Leni J. de Matos, Pedro V. G. Castellanos

Resumo—Este artigo apresenta uma plataforma de medição do diagrama de irradiação de antenas de microondas utilizando dois motores de passos, com seus passos e direções de rotações remotamente controladas por um transmissor infravermelho, através de um módulo receptor integrado ao Arduino. Este protótipo amplia o conjunto de grandezas de medidas, possibilitando a realização de medições das antenas miniaturizadas tanto no plano horizontal quanto no plano vertical, e possivelmente o diagrama tridimensional com baixo custo de implementação.

Palavras-Chave — Diagrama de Irradiação, Motor de Passo, Arduino, Microondas, antenas impressas.

Abstract— This article presents a platform for measuring antenna parameters of microwave antennas using two step motors, with their steps and directions of rotation remotely controlled by an infrared transmitter, through a receiver module integrated to Arduino, expanding the set of magnitudes of measurements, making it possible to carry out antenna measurements both horizontally and vertically, and, possibly tridimensional.

Keywords — Radiation Pattern, Stepper Motor, Arduino, Microwaves, printed antenna.

I. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento deste trabalho consiste na realização de uma plataforma de medições de baixo custo de implementação, a fim de caracterizar as antenas na faixa de microondas através de seu diagrama de irradiação. Deste modo, podem ser realizadas medições na antena confeccionada para fim de comparação com os resultados obtidos por meio de simulações com *softwares*. A mesma análise pode ser estendida a antenas comerciais. A ideia básica do trabalho consiste em obter parâmetros de antenas impressas na faixa de microondas, tais como: VSWR, ganho, eficiência e diretividade. A caracterização experimental destes parâmetros é feita, principalmente, através da análise do diagrama de irradiação. O objetivo principal do protótipo é medir o diagrama de irradiação no plano horizontal, vertical e 3D de antenas miniaturizadas, isto é, com dimensões variando de 15mm a 40cm.

Os diagramas de irradiação correspondem a padrões de irradiação tridimensionais, onde estão descritos os campos elétrico e magnético irradiados na direção máxima (com referência ao eixo z) do apontamento da antena planar dimensionada no plano xy . Para representação bidimensional desses diagramas, representa-se o plano horizontal e vertical na direção z , em relação a θ e Φ , de acordo com o máximo de radiação, gerando assim o diagrama horizontal ou azimutal e diagrama vertical ou de elevação, respectivamente [1]. Tem-se

o diagrama de irradiação normalizado quando seus valores são normalizados em relação ao valor máximo de potência irradiada ou de campo elétrico irradiado, também sendo usual representar seus valores em escala decibel [2]. A partir da análise visual dos diagramas bidimensionais pode-se extrair parâmetros, como as direções de máximas radiações de energia, números de lóbulos, largura de feixe de meia potência e largura de feixe entre nulos.

Neste trabalho é apresentado um protótipo realizado que se diferencia de outras plataformas existentes [3] [4], pois possui dimensões reduzidas e utiliza Arduino, software livre, com circuitos de baixo custos de implementação. Na Seção II é visto o desenvolvimento da plataforma em Arduino com dois motores de passo, proporcionando a rotação das antenas em Φ e θ . Enquanto na Seção III serão apresentados os resultados medidos do diagrama de radiação de uma antena de banda dupla planar de padrão retangular do tipo *Edge Feed* na portadora de 2.4 GHz e a Seção IV apresenta a conclusão do trabalho e o proposta de trabalhos futuros.

II. DESENVOLVIMENTO DA PLATAFORMA

Para criação deste protótipo é utilizada a plataforma de prototipagem eletrônica Arduino UNO R3 [5], como modo de controle dos passos e sentidos de rotações dos motores de passos. A rotação no plano horizontal permite a variação de θ para $\Phi = 0^\circ$, a rotação no plano vertical permite a variação de θ para $\Phi = 90^\circ$, utilizando apenas um motor de passo que permite a rotação em torno do eixo da antena no mastro da plataforma. Para fazer a variação de θ e Φ , simultaneamente, e assim obter o diagrama tridimensional, é preciso utilizar um segundo motor de passo em paralelo, de acordo com a Fig. 1.

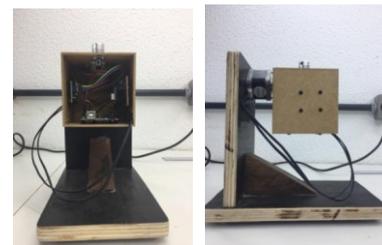


Fig. 1: Protótipo construído para medição dos parâmetros do diagrama de irradiação

Utiliza-se um motor de passo de baixo torque para obtenção do diagrama retangular ou polar em $\Phi = 0^\circ$ ou $\Phi = 90^\circ$, por serem leves o mastro e as antenas. O motor de passo 28BYJ-48 de 5 V foi empregado em conjunto com o *driver* ULN2003, que realiza a interface entre o Arduino e o motor de passo. Para rotação dos ângulos Φ e θ , simultaneamente, é utilizado um motor de passo em conjunto com um *driver*. Neste caso, há necessidade de um torque maior para realizar as

Orlando Alvarenga Neto, Vitor Mota. Escola de Engenharia, Universidade Federal de Fluminense, Niterói, Brasil, E-mails: [orlandomarques, vitorluiz]@id.uff.br. Este trabalho foi parcialmente financiado pela FAPERJ e CNPq.

rotações e manter a posição da antena estática, e suportar o peso da estrutura da plataforma com a antena. Por este motivo, foi adotado o motor de passo WS17-0035-04-4, assim como o *driver* DRV8825, que pode fornecer uma corrente de até 2,5 A por fase. As interligações desta etapa do projeto seguem representada na Fig. 2(a) a qual ilustra as interligações dos componentes da plataforma do Arduino que foram realizadas com o auxílio de uma placa de circuito impresso (PCI) criada para reduzir o volume de conectores. O receptor ligado à PCI possibilita o comando remoto dos motores de passos, através de um controle infravermelho. A Fig.2(b) refere-se ao esquemático indicado como circuito 1, das conexões realizadas para os elementos do controle de rotação dos dois ângulos. Observa-se, na mencionada figura, a necessidade do *driver* utilizar alimentação externa e, em paralelo à alimentação, é usado um capacitor de 100 μ F que funciona como um filtro passa-baixa, eliminando ruídos de altas frequências e fornecendo proteção ao *driver* contra variações de tensão. A Fig. 2(c) refere-se ao esquemático indicado como circuito 2 que representa a utilização do motor de passo de menor torque, que possibilita a rotação apenas em θ .

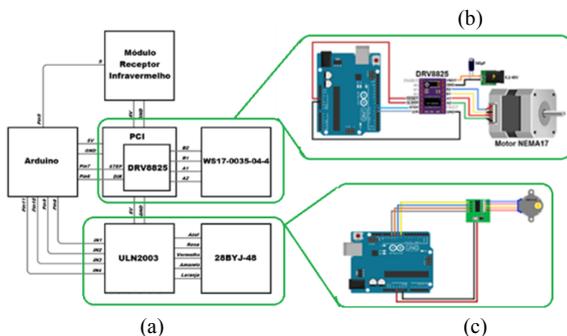


Fig.2 – Esquemático do Protótipo implementado: (a) diagrama de bloco completo; (b) interligações circuito 1; (c) interligações circuito 2.

III. RESULTADOS

Foram realizadas medições com pares de antenas impressas de padrões retangulares de microfita na frequência de 2.45 GHz do tipo *edge fed* [5]. Essas antenas foram fabricadas no substrato FR-4 (*Flame Retardant 4*) de constante dielétrica de 4.3 e espessura de 1.575 mm. A fim de comparar os resultados obtidos através das simulações eletromagnética de campo irradiado pelas antenas no *software* HFSS, foram realizadas medições utilizando o analisador de rede vetorial considerando o método de duas antenas afastadas e alinhadas pela distância d , com um par de antenas iguais na transmissão e recepção do sinal [3], utilizando o protótipo da plataforma giratória em uma das antenas mantendo a outra parada, conforme visto no diagrama da Fig. 3. Para realizar a conexão das antenas aos equipamentos, foram utilizados cabos de radio frequência (RF) do tipo flexíveis, a fim de adicionar o menor peso possível a estrutura para não comprometer as medições.

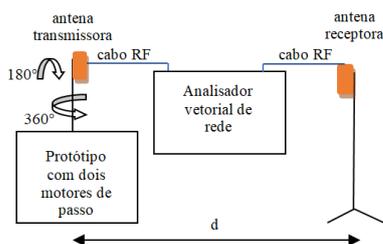


Fig. 3: Metodologia de Medição.

Apesar das medições não terem sido efetuadas dentro de uma câmara anecoica, foi utilizado um bloco de espuma de material absorvente, localizado atrás da plataforma, como pode ser visto na Fig. 4, de forma a absorver os raios de reflexão direta, diminuindo consideravelmente a interferência causada pela própria fonte.



Fig. 4: Cenário de medições.

A Figura 5 apresenta a comparação dos resultados medidos e simulados normalizados, tanto para os diagramas horizontais em Fig.5(a) e verticais em Fig.5(b), da antena *edge fed*. Na Fig. 5(b), o diagrama é representado por um setor circular de 180° devido a este primeiro teste oferecer limitações da rotação na vertical. Melhorias deste protótipo estão em desenvolvimento para obter a rotação o diagrama vertical em 360° e possibilitar a medida do diagrama tridimensional das antenas.

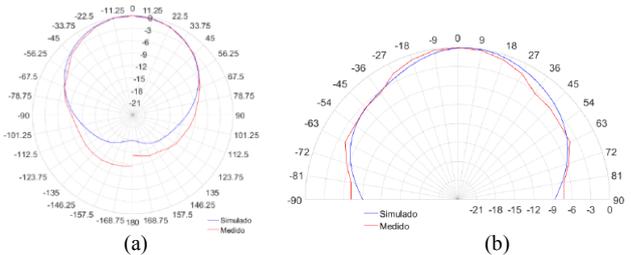


Fig. 5: Diagrama Horizontal e vertical da antena Edge Feed.

IV. CONCLUSÕES

Neste trabalho foi desenvolvida uma plataforma para medir diagrama de irradiação de antenas. Comparações possibilitaram comprovar a eficácia da plataforma pela proximidade entre resultados simulados e os medidos do diagrama de irradiação. Para trabalhos futuros, encontra-se em análise e desenvolvimento a medição das antenas em câmara anecoica, a fim de comparar os resultados obtidos no laboratório com os dados obtidos nesse ambiente.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à FAPERJ e a CAPES pelo apoio financeiro da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- [1] IEEE, Standard for Definitions of Terms for Antennas: IEEE Std 145-2013.
- [2] C. A. Balanis, *Antenna Theory: Analysis and Design*. 4th Edition, Hoboken: Wiley, 2016, p.821.
- [3] BEER, S., ZWICK, T., "Probe-based radiation pattern measurements for highly integrated millimeter-wave antennas," in *Proc. of the European Conference on Antennas and Propagation*, Barcelona, Spain, pp. 1–5, April 2010.
- [4] ZWICK, T., et. al., "Probe Based MMW Antenna Measurement Setup," in *Proc. of IEEE Antennas and Propagation International Symposium*, Monterrey, USA, pp. 747–750, June 2004.
- [5] A. P. Singh, R. Kumar et H. S. Dadhwal. "Design of Edge Fed Rectangular Microstrip Patch Antenna for WLAN Applications Using Ansoft-HFSS" in *VSRD International Journal of Electrical, Electronics & Communications Engineering*, India, pp. 160-167, April 2012.