



FILTROS PLANARES COM TECNOLOGIA MICROSTRIP LINE E GEOMETRIA HEXAGONAL

Marco Antonio Bernardino^{1,2}, Gustavo Ferreira Vicentine^{1,2}, Heitor Giatte da Costa^{1,2}, Raimundo Eider Figueiredo^{1,2}, Dr. João Francisco Justo^{1,3}, Dr. Auzuir Ripardo de Alexandria^{1,4} Dr. Alexandre Maniçoba de Oliveira^{1,2}

¹Laboratório Maxwell de Micro-ondas e Eletromagnetismo Aplicado (LABMAX), ²Instituto Federal, de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP), ³Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP); ⁴Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE).

{m.antonio; gustavo; heitor; raimundo; jjusto; auzuir; amanicoba}@labmax.org;

Resumo – Neste artigo, apresenta-se o desenvolvimento de dois filtros de tecnologia microstrip line, ambos com a presença de um elemento unitário de geometria hexagonal na linha de transmissão, em software de simulação eletromagnética (Altair FEKO – Licença Estudantil). São analisados os valores de parâmetros $S_{1,1}$ e $S_{1,2}$ (coeficientes de transmissão e de reflexão), assim como a região de near field dos campos magnético e elétrico dos filtros desenvolvidos. São escolhidas faixas de frequência de potencial aplicação em 5G. Por fim, é proposto o desenvolvimento de outros filtros com malha de elementos hexagonais, de modo semelhante aos apresentados, incluso técnicas de distinção do circuito exibidas no final deste artigo.

Palavras-chave: Elemento Hexagonal Unitário; Microstrip Line; Comparação de filtros planares; Eletromagnetismo.

INTRODUÇÃO

O presente artigo trata do desenvolvimento de dois filtros de tecnologia microstrip line e desenho minimalista, cujo elemento hexagonal unitário é analisado nas faixas de frequência de 700 a 750 MHz, 2.3 a 2.5 GHz e 3.5 a 3.7 GHz, eventualmente aplicáveis a algumas dentre as operações de 5G.

A construção geométrica de hexágonos regulares pode ser obtida através de trigonometria elementar, considerando que o ângulo interno entre quaisquer dos seis vértices de um hexágono regular é 120° , ou de modo ainda mais simples, pode-se apelar para a construção destes através do desenho de circunferências de raio de dimensão equivalente ao das arestas do hexágono. Em [1] é apresentado desenvolvimento de filtros ressonadores hexagonais típicos, sendo estes avaliados nas faixas de frequências de 1.5 GHz a 4.0 GHz. Espera-se que a tecnologia desenvolvida neste artigo atenda inicialmente a aplicação de ao menos uma dentre as diversas faixas de frequências utilizáveis para uso em 5G.

DESENVOLVIMENTO

A. Elemento Hexagonal, tipo 1 (EH-1):

No primeiro elemento, é desenvolvida simulação de filtro com as seguintes características: substrato FR-4 cujas dimensões são de 10mm x 10mm e espessura de 1.6mm com um elemento hexagonal desenhado em linha de microfita, conectado através dos vértices do hexágono regular projetado. O casamento de impedância é feito através de segmentos das linhas de 3mm de largura e $18\mu\text{m}$ de altura em condutor elétrico perfeito (PEC), oferecendo deste modo em substrato FR-4 ($\epsilon_r = 4.3$) uma impedância característica de aproximadamente 50Ω . O EH-1 bifurca a linha de microfita de 3mm, apresentando largura de 1.5mm ao longo de suas arestas de 5mm de extensão. A

representação das características descritas pode ser vista em Fig.1(a).

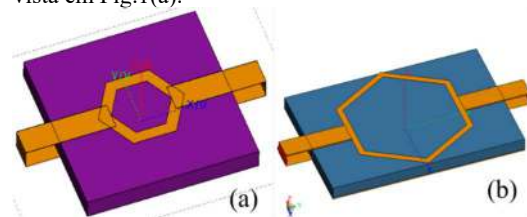


Figura 1 – modelos simulados do EH-1(a) e EH-2(b).
Autoria Própria (2020).

Ao consultar o estado da arte sobre circuitos com elementos hexagonais, encontrou-se [1]. Convém observar que as simulações dos filtros EH-1 e EH-2 objetivam dimensionamento mínimo destes circuitos e sendo esta a razão principal que torna interessante a aplicação deste tipo de circuitos para tecnologias 5G. É consultada literatura suficiente para desenvolver circuitos de pequenas dimensões, como pode ser visto em [2]. Quando considerando-se ainda o critério de pesquisa em busca de tecnologias para 5G, os autores fundamentam conhecimento teórico para tal artigo através da leitura de [3].

B. Elemento Hexagonal, tipo 2 (EH-2):

O segundo modelo apresenta características de um substrato FR-4 de dimensões são de 20mm x 29.3mm e espessura de 1.6mm com um elemento hexagonal desenhado em microstripline, conectado em arestas paralelas. O casamento de impedância é feito através de segmentos de microlinha de 3mm de largura e $18\mu\text{m}$ de altura em PEC, em FR-4, com impedância característica de 50Ω . O EH-2 bifurca a linha de microfita apresentando largura de 1mm ao longo de suas arestas de 10mm de extensão. A representação das características descritas pode ser vista em Fig.1(b).

C. Comparação dos modelos EH-1 e EH2:

As fig. 2, fig. 3 e fig. 4 apresentam comparação entre os dois modelos de elementos hexagonais simulados, onde são avaliados os coeficientes de transmissão e de reflexão (S_{11} e S_{12}). As fig. 5, fig. 6 e fig. 7 apresentam as regiões de near field na distância de 1mm da superfície dos filtros propostos, e a informação é disposta do seguinte modo: (a) sendo o campo magnético (h-field) do EH-1, (b) sendo o campo elétrico (e-field) do EH-1, (c) sendo o campo h-field do EH-2 e por fim, (d) sendo o e-field do EH-2 para cada frequência analisada. Convém ainda mencionar que, nestas imagens, a parte inferior é a entrada do sinal e a parte superior a saída do sinal.

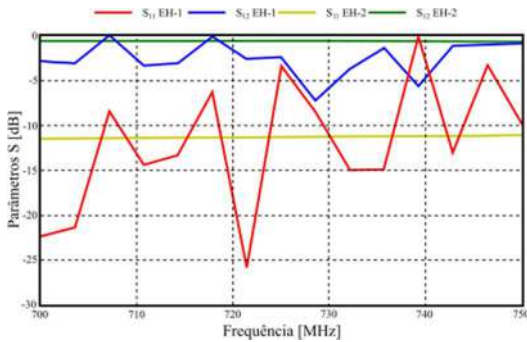


Figura 2 – Parâmetros S_{11} e S_{12} dos EH-1 e EH-2 na faixa de frequências de 700 a 750 MHz. Autoria Própria (2020).

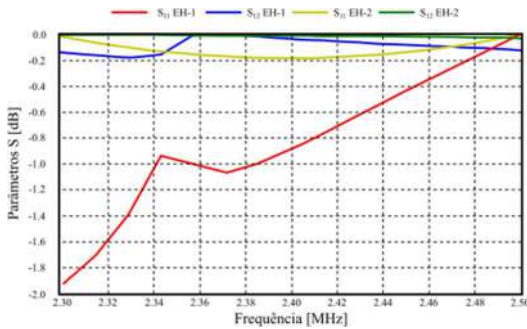


Figura 3 – Parâmetros S_{11} e S_{12} dos EH-1 e EH-2 na faixa de frequências de 2.3 a 2.5 GHz. Autoria Própria (2020).

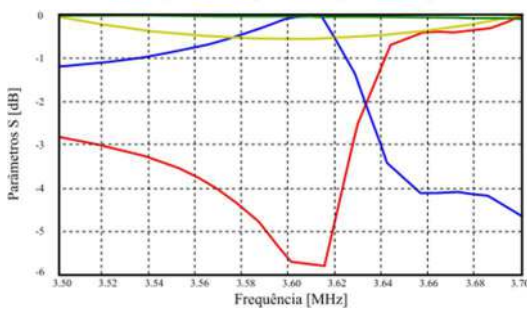


Figura 4 – Parâmetros S_{11} e S_{12} dos EH-1 e EH-2 na faixa de frequências de 3.5 a 3.7 GHz. Autoria Própria (2020).

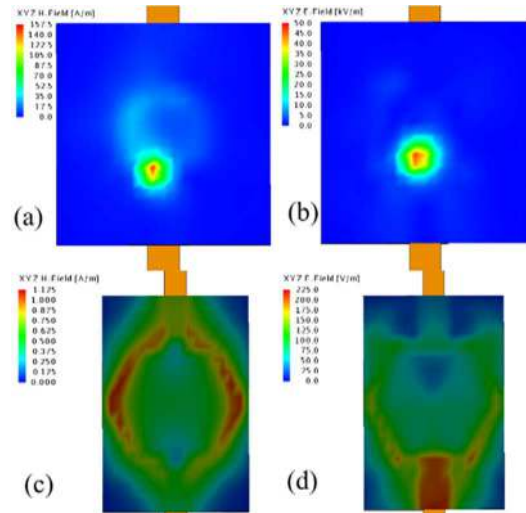


Figura 5 – Near field dos EH-1 e EH-2 na frequência de 725 MHz. Autoria Própria (2020).

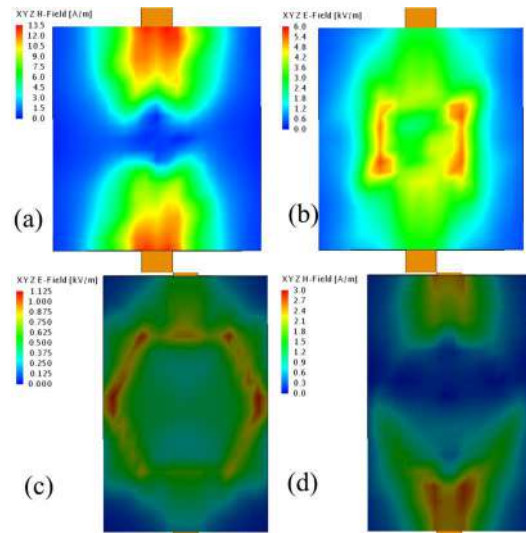


Figura 6 – Near field dos EH-1 e EH-2 na frequência de 2.4 GHz. Autoria Própria (2020).

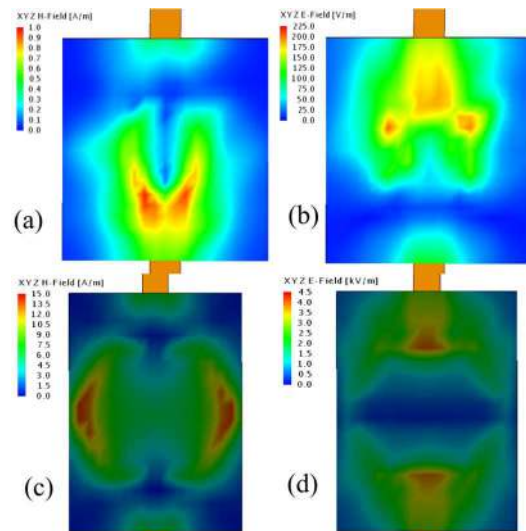


Figura 7 – Near field dos EH-1 e EH-2 na frequência de 3.6 GHz. Autoria Própria (2020).



RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

São apresentados neste artigo o desenvolvimento de dois modelos de elementos hexagonais unitários para circuitos de linha de microfita. Observando os elementos desenvolvidos, os autores propõem implementação, em pesquisas posteriores, de três técnicas de diversificação dos circuitos compostos por elementos hexagonais: Malha Hexagonal de Stripline (Fig. 8(a)); Hexagonal e Stub em Stripline (Fig. 8(b)), e Elemento Hexagonal Capacitivo (Fig. 8(c)).

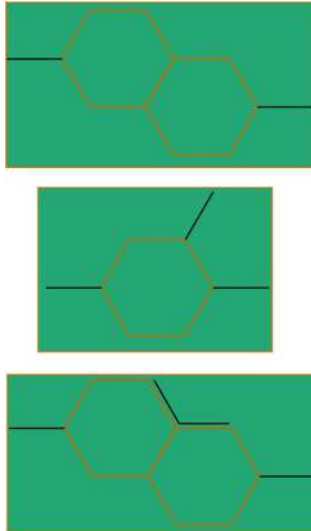


Figura 8 – Acima: (a) Malha Hexagonal de Stripline; no centro: (b) Hexagonal e Stub em Stripline; abaixo: (c) Elemento Hexagonal Capacitivo. Autoria Própria (2020).

O objetivo da proposta futura é controlar deliberadamente os níveis de transmissão dos filtros desenvolvidos para determinadas faixas de frequências, de modo a configurar a fabricação destes para aplicações desejadas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao departamento de Marketing da Altair Engineering, assim como à Yula Massuda e Isabela Raunheite por todo o apoio prestado.

REFERÊNCIAS

- [1] MO, Shao-Guo; YU, Zhi-Yuan; ZHANG, Long. Design of triple-mode bandpass filter using improved hexagonal loop resonator. **Progress In Electromagnetics Research**, v. 96, p. 117-125, 2009.
- [2] MENG GUAN, Tan; RAHIM, S. K. A. Compact monopole MIMO antenna for 5 G application. **Microwave and Optical Technology Letters**, v. 59, n. 5, p. 1074-1077, 2017.
- [3] BOAS, EC Vilas; MITTRA, Raj; S JR, Arismar Cerqueira. Arranjo de Antena em Guia de Onda Fendido de Alto Ganho para 5G. **XXXVII Simpósio Brasileiro de Telecomunicações e Processamento de Sinais**, 2019.