

## Cálculo do nível de lóbulo lateral em antenas de arranjo planares esparsos baseados na espiral de Fermat

Marcela Pires,<sup>1</sup> Ana Nora,<sup>2</sup> Rafael A. Penchel,<sup>3</sup> Ivan Aldaya<sup>4</sup>

Center for Advanced and Sustainable Technologies (CAST)

Faculdade de Engenharia de São João da Boa Vista (FESJ)

Unesp, São João da Boa Vista, SP.

As antenas são dispositivos utilizados para radiação ou recepção de ondas eletromagnéticas que podem operar não unicamente nas frequências de rádio (RF), mas também na região do espectro visível e infravermelho, denominando-se antenas ópticas [1]. Com o propósito de melhorar as propriedades de radiação, assim como possibilitar o controle dinâmico do diagrama de radiação, tem-se desenvolvido arranjos de antenas ópticas compostas por vários elementos de radiação idênticos em que as fases de alimentação são controladas de forma independente [2]. Porém, a fim de obter uma eficiência de radiação aceitável, os elementos radiantes em antenas operando em frequências ópticas, geralmente apresentam dimensões de vários comprimentos de onda ( $\lambda$ ), fazendo com que o espaçamento ( $d$ ) entre os elementos seja eletricamente grande [3, 4]. No caso de que a separação elétrica entre os elementos seja superior a  $\lambda/2$ , o arranjo é denominado esparsos [4].

Uma das características dos arranjos de antenas esparsos é que para uma distribuição uniforme dos elementos, aparecem lóbulos de grade que podem gerar problemas de segurança e interferência de sinal tanto na transmissão como na recepção. A estratégia principal para solucionar essa adversidade é distribuir os elementos de antenas de forma não uniforme. Em particular, tem sido proposta a espiral de Fermat para determinar as posições adequadas para minimizar a intensidade dos lóbulos de grade [5]. Logo, neste trabalho foi implementado um código em Python para encontrar as posições dos elementos de antenas que tem como parâmetros o número de elementos e a distância mínima entre eles, além de calcular o fator de arranjo (*array factor* - AF) e o nível de lóbulo lateral de pico (*peak side lobe level* - PSL). Para isso, as posições de  $N$  elementos de antena são encontradas discretizando a espiral de Fermat, sendo que a localização do  $i$ -ésimo elemento está dada por:

$$\rho_i = \frac{d}{d_0} \sqrt{i} \text{ e } \phi_i = i\pi \left( 3 - \sqrt{5} \right), \quad (1)$$

em que  $\rho_i$  e  $\phi_i$  são a distância desde o centro do arranjo e o ângulo a partir de um eixo de referência arbitrário, respectivamente. Assim, o valor  $\phi_1 = \pi (3 - \sqrt{5})$  é denominado como o ângulo dourado, o  $d$  é a distância mínima e  $d_0$  é um fator de normalização dado por  $d_0 = \sqrt{3 - 4 \cos \phi_3}$ . Após encontrar as posições dos  $N$  elementos, o AF associado a esta, está dado por:

$$AF(\theta, \phi) = \sum_{i=1}^N A_i \exp [j x_i \cdot k \cdot \sin(\theta) \cdot \cos(\phi) + j y_i \cdot k \cdot \sin(\theta) \cdot \sin(\phi)], \quad (2)$$

onde  $\theta$  e  $\phi$  são os ângulos diretores de azimute e de direção, respectivamente [1]. Já  $A_i$  é denominada como a amplitude de alimentação do  $i$ -ésimo elemento e  $k$  é o número de onda dado por  $2\pi/\lambda$ , sendo

<sup>1</sup>marcela.p.souza@unesp.br

<sup>2</sup>ana.nora@unesp.br

<sup>3</sup>rafael.penchel@unesp.br

<sup>4</sup>ivan.aldaya@unesp.br

$\lambda$  o comprimento de onda de operação. Já  $x_i$  e  $y_i$  são as posições dos elementos em coordenadas cartesianas dadas por:  $x_i = \rho_i \cos(\phi_i)$  e  $y_i = \rho_i \sin(\phi_i)$ .

Para uma melhor visualização é mostrado na Figura 1 um arranjo planar baseado na espiral de Fermat para uma distância mínima  $d$  igual a  $2\lambda$  e 32 elementos de antena. Dessa forma, a Figura 1 (a) apresenta os 32 elementos distribuídos em uma espiral de Fermat. A Figura 1 (b) exhibe o fator de arranjo desses elementos, onde a região central corresponde ao lóbulo principal enquanto que as regiões claras fora da região central representam os lóbulos laterais. A Figura 1 (c) mostra o corte do AF no plano que contém o lóbulo principal e o lóbulo secundário de maior intensidade. Neste gráfico pode-se observar que o PSLL obtido para esta configuração é de 0,48, correspondente a  $-6,31$  dB.

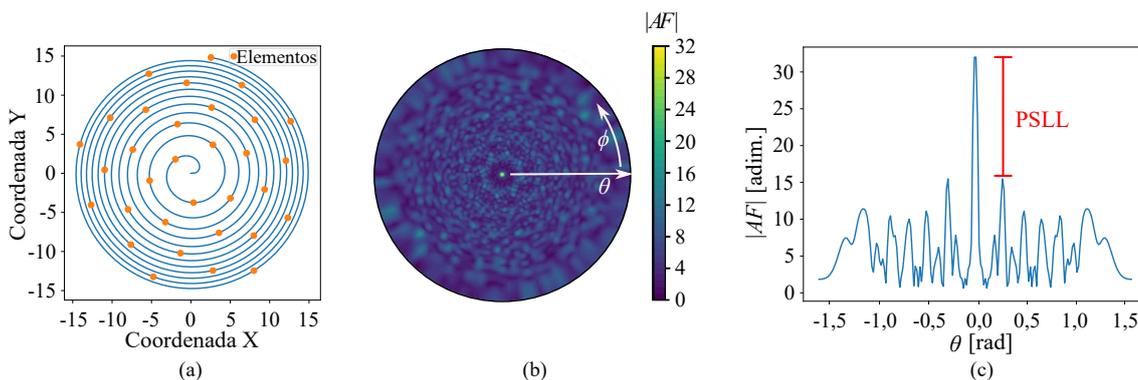


Figura 1: (a) Espiral de Fermat com 32 elementos de antenas e uma separação mínima de  $2\lambda$ , (b) módulo do fator de arranjo indicando os critérios dos ângulos diretores na espiral e (c) corte do módulo do fator de arranjo no plano que inclui o lóbulo principal e o lóbulo secundário de maior intensidade.

## Agradecimentos

Esse trabalho foi parcialmente financiado pelo CNPq por meio da bolsa de iniciação científica PIBIC/N<sup>o</sup> 6394 e pela Fapesp por meio do processo de n<sup>o</sup>2023/01132-0.

## Referências

- [1] Constantine A Balanis. **Antenna theory: analysis and design**. John wiley & sons, 2015.
- [2] Martijn JR Heck. “Highly integrated optical phased arrays: photonic integrated circuits for optical beam shaping and beam steering”. Em: **Nanophotonics** 6.1 (2017), pp. 93–107.
- [3] Julián L Pita, Ivan Aldaya, Paulo Dainese, Hugo E Hernandez-Figueroa e Lucas H Gabrielli. “Design of a compact CMOS-compatible photonic antenna by topological optimization”. Em: **Optics express** 26.3 (2018), pp. 2435–2442.
- [4] Bruna Dias Pires de Souza. “Redução do nível de lóbulos laterais em arranjo de antenas 1D”. Dissertação de mestrado. Unesp, 2018.
- [5] Julián L Pita, Ivan Aldaya, Octávio JS Santana, Paulo Dainese, Lucas H Gabrielli et al. “Side-lobe level reduction in bio-inspired optical phased-array antennas”. Em: **Optics Express** 25.24 (2017), pp. 30105–30114.