

Feixes de Bessel Vetoriais como Soluções Exatas das Equações de Maxwell

Michel Zamboni Rached (PQ), Mateus Corato Zanarella (IC)

Resumo

O projeto consistiu em um estudo teórico dos feixes de Bessel eletromagnéticos, um tipo de onda não-difrativa com diversas aplicações. Inicialmente, estudos preliminares em teoria eletromagnética e ondulatória foram realizados, a fim de fornecer as bases necessárias para a análise dos feixes. Em seguida, os feixes de Bessel escalares foram estudados e obtidos de várias formas. Por fim, o feixe de Gauss linearmente polarizado e os feixes de Bessel com polarizações linear, radial e azimutal foram estudados.

Palavras Chave: ondas, difração, feixes não difrativos.

Introdução

As chamadas ondas localizadas, também conhecidas como ondas não-difrativas, surgiram como uma tentativa de se obter feixes e pulsos resistentes à difração por longas distâncias no espaço livre. Hoje, o tema vem crescendo rapidamente tanto do ponto de vista teórico, quanto experimental e prático e, dentre tais feixes, um deles possui destacado interesse: os feixes de Bessel.

É neste contexto que se insere o presente projeto de Iniciação Científica, cujo objetivo é o estudo dos feixes de Bessel eletromagnéticos, levando em conta, portanto, o caráter vetorial do campo. Além disso, todo o aparato teórico estudado pode ser usado em outros campos relacionados com a propagação de ondas eletromagnéticas.

Resultados e Discussão

O fato de os feixes de Bessel escalares de diferentes ordens serem soluções da equação de onda escalar permite que eles sejam usados como base para representar muitos outros feixes não-difrativos. Embora a potência necessária para criar um desses feixes seja infinita, a integral de Fresnel pode ser usada para obter o feixe de Bessel-Gauss⁴, uma realização prática de energia finita de um feixe resistente à difração.

A obtenção do feixe gaussiano vetorial com polarização linear ilustrou uma das formas de obtenção de feixes vetoriais a partir de soluções escalares da equação de onda e tornou evidente o efeito da difração pelo aumento de seu *spot* central devido à propagação.

O uso dos potenciais de Hertz, do potencial vetor magnético e das soluções da equação de onda vetorial apresentadas por Bouchal⁶ são ferramentas diferentes e poderosas que permitem a obtenção de feixes vetoriais a partir de soluções escalares da equação de onda. Por meio delas,

podemos obter feixes de Bessel vetoriais com diversas polarizações, como linear, radial e azimutal.⁶

Conclusões

Este projeto de Iniciação Científica, além de permitir o estudo de uma importante classe de feixes não-difrativos (os feixes de Bessel), introduziu conceitos importantes de eletromagnetismo e ondulatória e ferramentas matemáticas recorrentes em estudos eletromagnéticos. As diversas metodologias de obtenção de soluções escalares e vetoriais das equações de Maxwell forneceram uma base muito boa para diversos estudos na área de eletromagnetismo.

Agradecimentos

A meus pais, por todo o apoio e carinho que sempre me dão.

A Michel Zamboni Rached, pelo incentivo durante o trabalho.

¹ ARFKEN, G. B.; WEBER, H. J. **Mathematical Methods for Physicists**. 5ª ed. USA: Harcourt Academic Press, 2001.

² GOODMAN, J. W. **Introduction to Fourier Optics**. 2ª ed. USA: McGraw-Hill (McGraw-Hill series in electrical and computer engineering), 1996.

³ JACKSON, J. D. **Classical Electrodynamics**. 3ª ed. USA: John Wiley & Sons Inc., 1999.

⁴ GORI, F.; GUATTARI, G.; C. PADOVANI, Bessel-Gauss beams. **Optics Communications**, v. 64, n. 6, Dezembro, 1987, Páginas 491-495.

⁵ HERNÁNDEZ-FIGUEROA, H. E.; ZAMBONI-RACHED, M.; RECAMI, E. **Localized Waves**. 1ª. ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons (Wiley Series in Microwave & Optical Engineering), 2007.

⁶ Bouchal, Z.; Olivik, M. Non-diffractive Vector Bessel Beams. **Journal of Modern Optics**, v. 42, n. 8, 1995, Páginas 1555-1566.

⁷ STRATTON, J. A. **Electromagnetic Theory**. Reissued Edition. New Jersey: John Wiley & Sons Inc. (IEEE Press Series on Electromagnetic Wave Theory), 2007.