

UNICAMP

# Simulação 2D no Domínio da Frequência de Guias de Ondas Plasmônicas

Bruna Lanzarini Pinto(Bolsista), Leonardo L. B. Roger(Orientador), Marcos S. Gonçalves(Co-Orientador)  
FT/UNICAMP



**Palavras-chaves:** Ondas Plasmônicas, Nano Estruturas, Guias de Onda, Método dos Elementos Finitos, Domínio da Frequência.

## Introdução

Ondas plasmônicas superficiais são oscilações coletivas de cargas elétricas que ocorrem na interface entre metais e dielétricos. As propriedades apresentadas por estruturas baseadas em ondas plasmônicas superficiais permitem uma ampla faixa de aplicações úteis, incluindo o guiamento e a manipulação de luz em escala nanométrica.

## Metodologia

A primeira etapa neste método consiste em discretizar a geometria do dispositivo em análise. Para isto, será utilizado o programa computacional GiD Esta etapa é conhecida como pré-processamento. A Figura 1 mostra um exemplo de um guia de onda óptico montado no GiD. Por esta figura, é possível verificar as posições das PML do plano onde é aplicado o pulso inicial. A seguir inicia-se a etapa de processamento, que consiste na resolução da equação de onda escalar para o campo magnético no domínio da frequência. Para isto, utilizam-se o método de Galerkin, as condições de contorno e campo magnético inicial. O equacionamento final da etapa de processamento resulta em um sistema linear de equações. Uma vez resolvido este sistema linear, inicia-se a etapa de pós-processamento. Para isto, utilizam-se programas computacionais comerciais como o MATLAB® e o SURFER®.

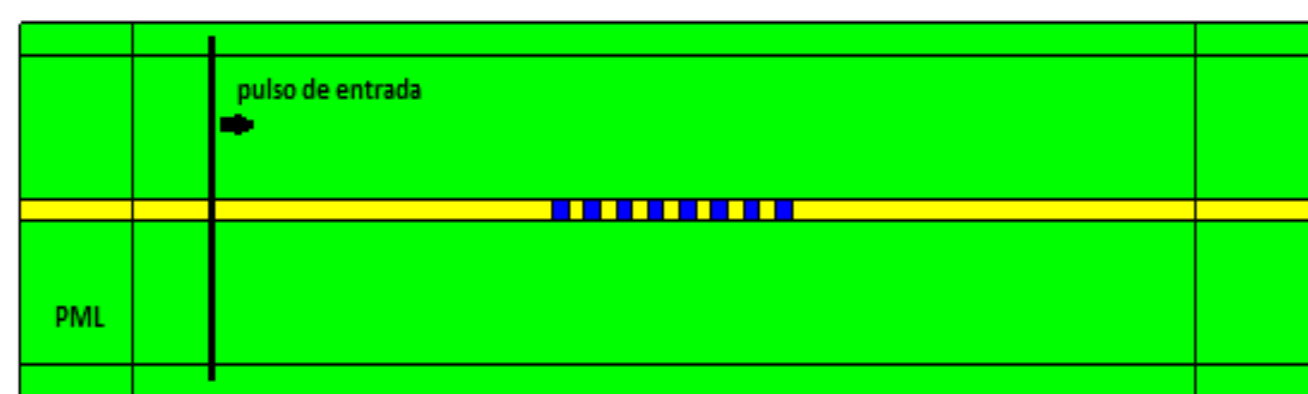


Figura 1: Guia de onda mostrando, PML, pulso inicial e matérias

## Métodos dos Elementos Finitos e PML para problemas de descontinuidade de guias de ondas ópticos

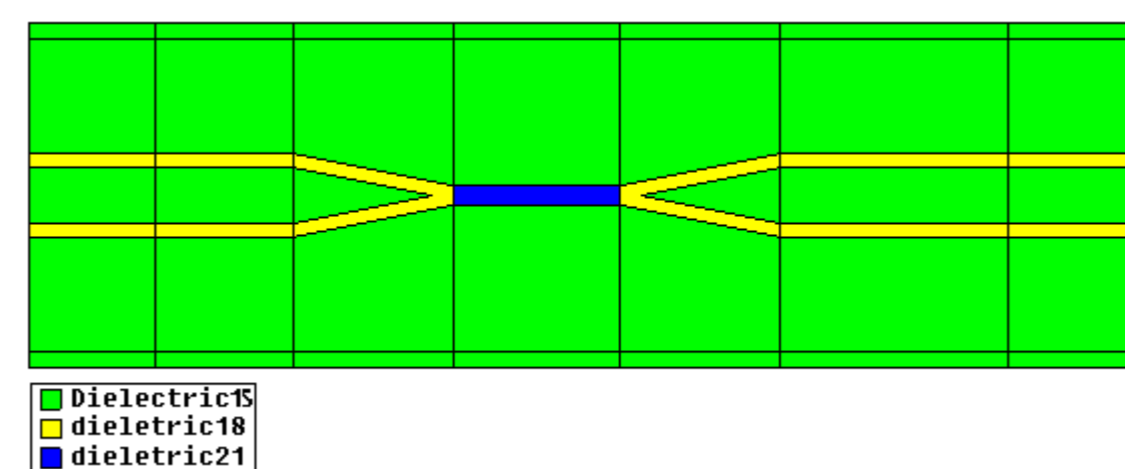


Figura 2: Geometria do domínio computacional com índices de refração,  $n_1 = 1,8$ ,  $n_2 = 2,1$  e  $n_3 = 1,5$  e comprimento de onda ( $\lambda$ ) de  $1,3\mu\text{m}$ .

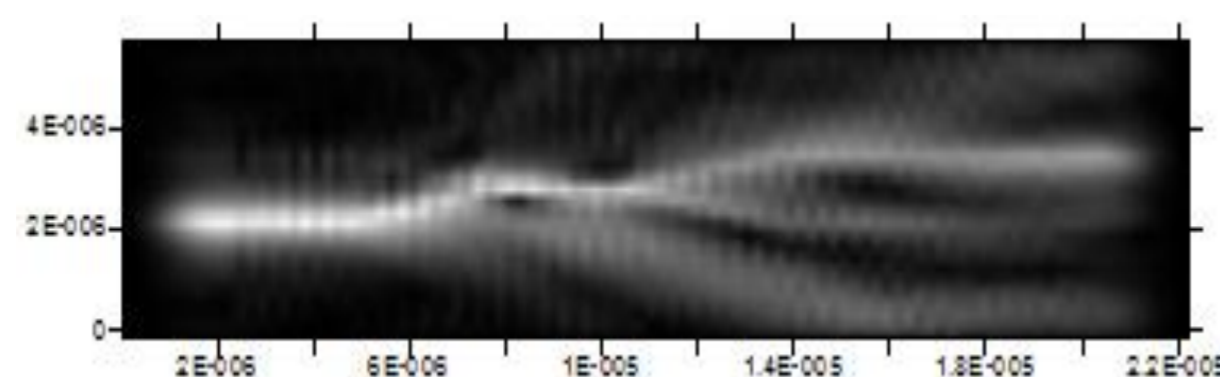


Figura 3: Distribuição do campo elétrico no acoplador óptico direcional utilizando o FEM

## Guias de Ondas Plasmônicas: Divisor-Y

Para a simulação, o metal utilizado foi a prata e a fonte de luz no comprimento de onda de  $650\text{nm}$ , os parâmetros do canal são: largura do canal  $w = 30\text{nm}$ , comprimento do canal de dois troncos de Y são de  $150\text{nm}$ . O comprimento e a largura do combinador são de  $600\text{nm}$  e  $330\text{nm}$ .

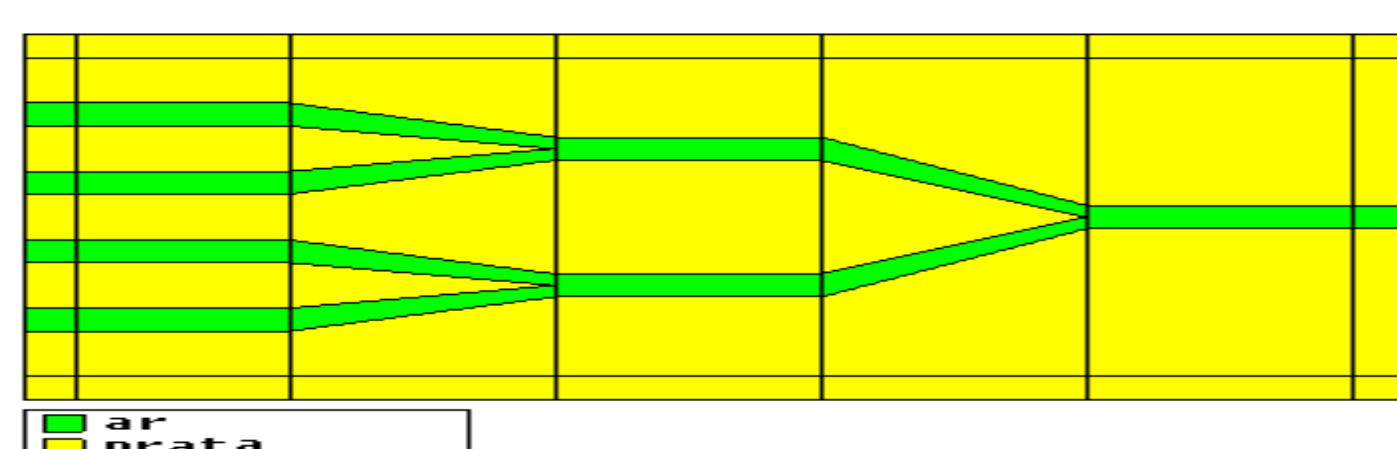


Figura 4: Geometria do domínio computacional com  $\lambda = 650\text{ nm}$  e  $w = 30\text{ nm}$

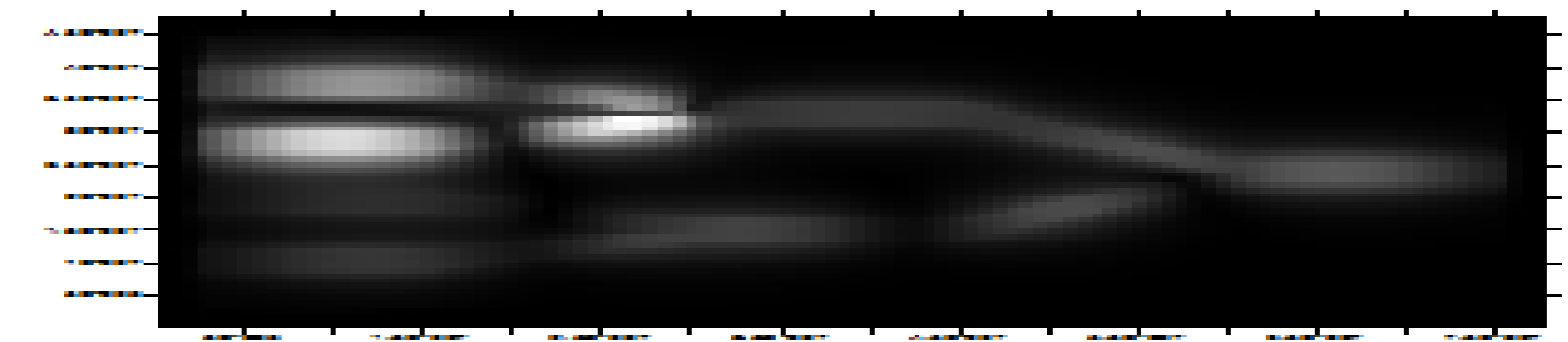


Figura 5: Resultado da simulação da estrutura combinada mostrada na figura com  $\lambda = 650\text{ nm}$  e  $w = 30\text{ nm}$ .

## Filtros de guia de onda plasmônico com nanodisco ressonador

O próximo exemplo será a análise de cavidades ressonantes plasmônicas na forma de anéis. A Figura 6(a) mostra um exemplo desta cavidade. Os sinais ópticos com frequências iguais à frequência de ressonância da cavidade serão acoplados no guia de saída. Caso a frequência de operação seja diferente das frequências de ressonâncias das cavidades, o sinal óptico não se acoplará no guia de saída. Desta forma, tem-se um filtro óptico plasmônico. As dimensões da estrutura do filtro são definidas como  $r = 200\text{ nm}$ ,  $w_t = 50\text{ nm}$ ,  $d_t = 20\text{ nm}$ ,  $L = 400\text{ nm}$  e comprimento de onda de  $520\text{ nm}$ ,  $700\text{ nm}$  e  $816\text{ nm}$ .

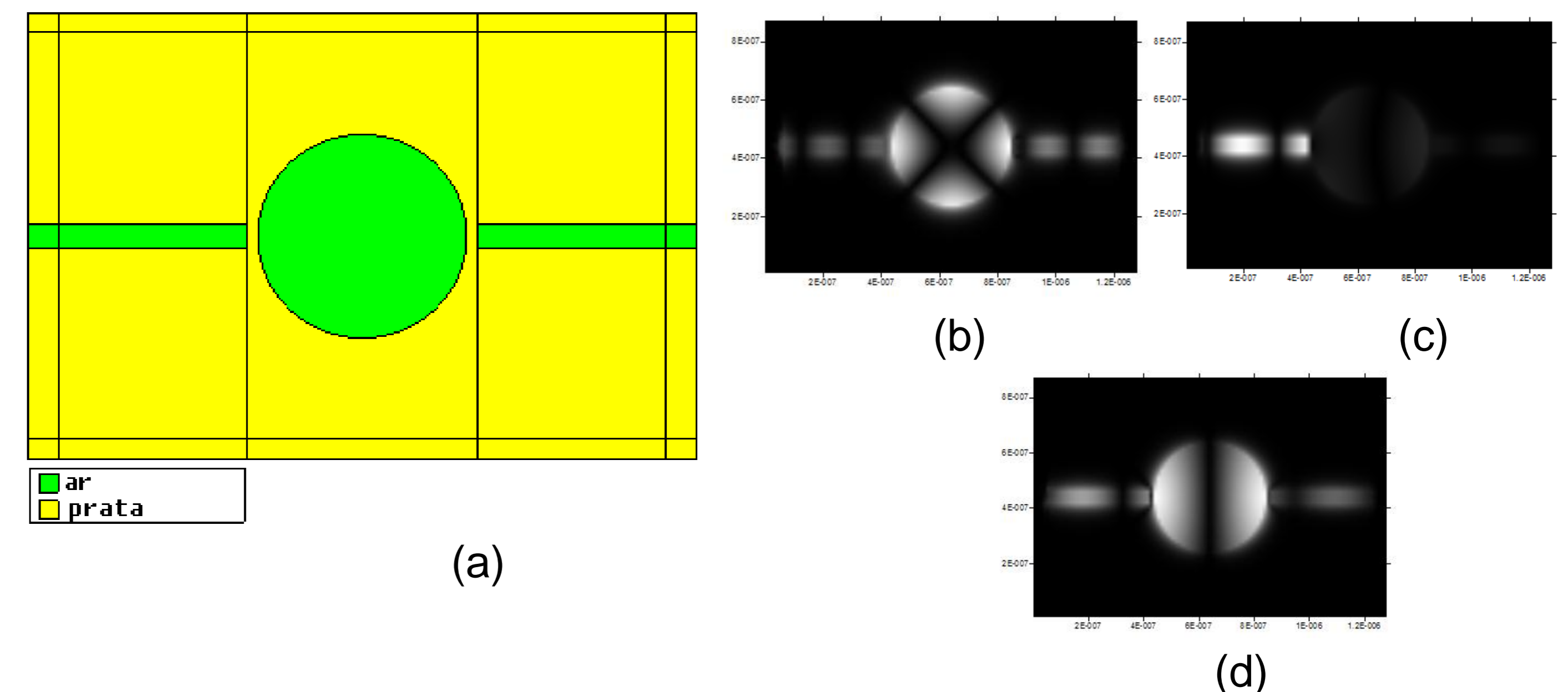


Figura 6: (a) Geometria do domínio computacional, (b) Resultado da simulação da estrutura combinada com  $\lambda = 510\text{ nm}$ , (c) Resultado da simulação da estrutura combinada com  $\lambda = 700\text{ nm}$ , (d) Resultado da simulação da estrutura combinada com  $\lambda = 510\text{ nm}$ .

## Resultados e Discussão

Foram obtidos resultados satisfatórios, em estrita concordância com os artigos estudados. As implementações computacionais foram feitas usando a linguagem de programação MATLAB. Programas disponíveis elaborados em FORTRAN também foram utilizados na análise de algumas estruturas. Além disso, foram utilizados programas auxiliares para as implementações das malhas numéricas e a visualização dos resultados, tais como GID 7.2 e Surfer 8. Conjuntamente foram aprofundados nossos conhecimentos sobre a teoria eletromagnética aplicada aos dispositivos fotônicos. Implementado aos dispositivos de acopladores e guia de ondas, o modelo de Drude serviu como base para a realização de simulações e resultados.

## Referências Bibliográficas

- [1] M. M. J. Treacy, "Dynamical diffraction explanation of the anomalous transmission of light through metallic gratings", *Phy. Rev. B*, pp. 195105-1 – 195105- 12, 2002.[2] J. Jin, *The Finite Element in Electromagnetics*, John Wiley, 1993.[3] Y. Tsuji, M. Koshiba, " Finite Element Method Using Port Truncation by Perfectly Matched Layer boundary Conditions for Optical Waveguide Discontinuity Problems", *Journal of lightwave technology*, vol. 20, no.3 march 2002. [4] C. L. Zhan.; X. F. Ren ; Huang, Y. F. Duan.; K. M & Guo, G. C.2007. FTD Studies of Metallic Cylinder Arrays: Plasmons Waveguide and Y – Splitter. *CHIN. PHYS. LETT*, v. 25, n. 2, p. 559-562. [5] S. A. Maier, "Plasmonics: Fundamentals and Applications"Springer, 2007 - Ch.1, Unts. 1.2 – The Dielectric Function of the Free Electron Gas e 1.4 – Real Metals and Interband Transitions.[6] D. Chunlei, L. Xiangang, Surface plasmon polariton propagation and combination in Y-shaped metallic channels, 2005.[7] H. Lu, Xueming Liu, D. Mao, L. Wang, and Y. Gong, Tunable band-pass plasmonic waveguide filters with nanodisk resonators, 2010.