



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
PROJETO DE CIRCUITOS FOTÔNICOS EM SILÍCIO

Professor: Adolfo Herbster

Aluno: Caio Rodrigues Correia de Oliveira

Lista de exercícios: Guia slab simétrico

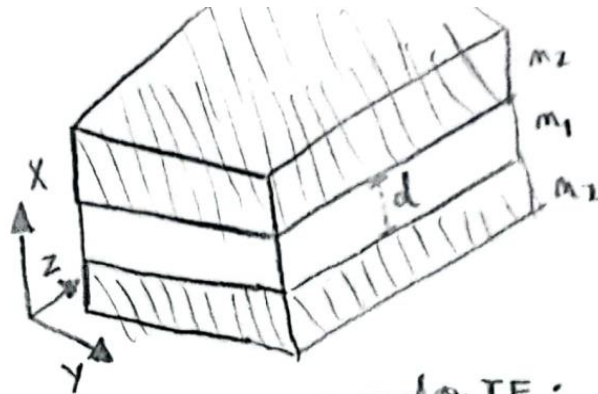
24 de dezembro de 2021

Campina grande, PB

1. Considere um guia *slab* simétrico com $n_1 = 1,485$, $n_2 = 1,465$, espessura $d = 13 \text{ um}$. O sinal possui comprimento de onda 1550 nm . Analise inicialmente os modos TE.

- a) Ilustre os dois lados da equação característica correspondente (soluções pares e ímpares);

① $n_1 = 1,485$
 $n_2 = 1,465$
 $d = 13 \mu\text{m}$
 $\lambda = 1550 \text{ nm}$



a)

Pela equação característica para o modo TE:

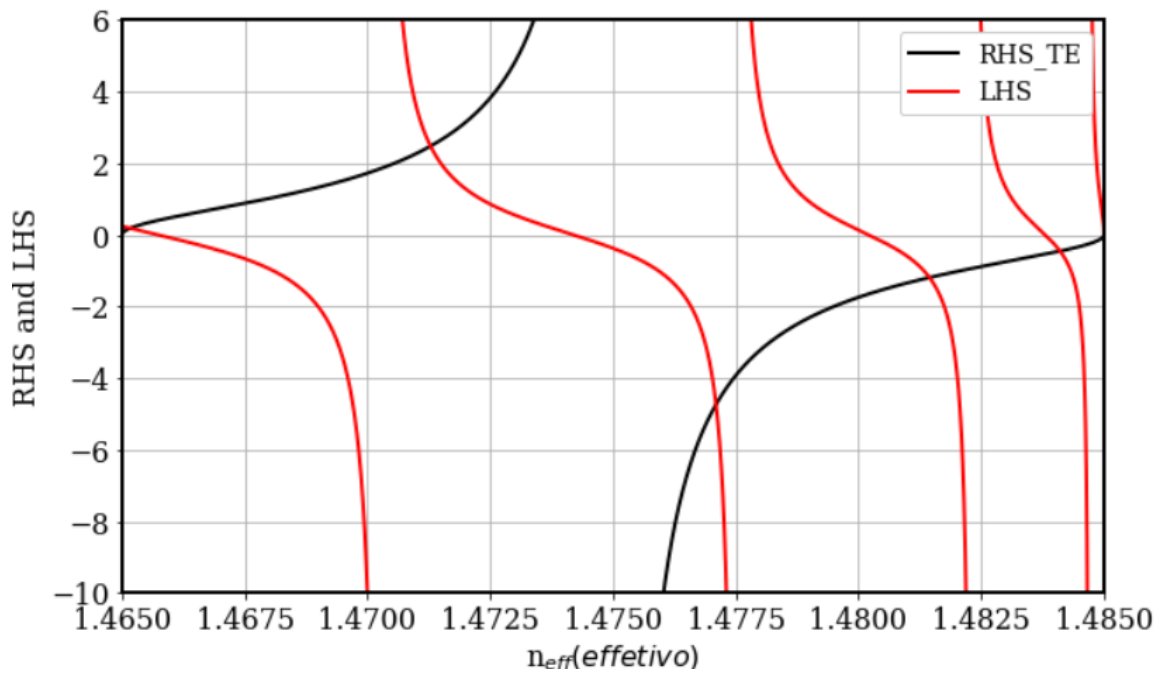
$$u = d \cdot K_0 \sqrt{n_1^2 - n_{\text{eff}}^2}$$

$$v = d \cdot K_0 \sqrt{n_{\text{eff}}^2 - n_2^2}$$

$$w = d \cdot K_0 \sqrt{n_2^2 - n_{\text{eff}}^2}$$

$$\frac{u(v+w)}{u^2 - vw} = \tan(2u), \text{ onde}$$

- b) Encontre todas as soluções (modos guiados - método gráfico) possíveis e para cada solução apresente:
- os respectivos índices efetivos (n_{eff});
 - os respectivos índices de grupo (n_g);



Método gráfico

Modo	n_{eff}	n_g
TE_0	1.4652	1.4853
TE_1	1.4713	1.4875
TE_2	1.4770	1.4900
TE_3	1.4815	1.4980
TE_4	1.4842	1.4775

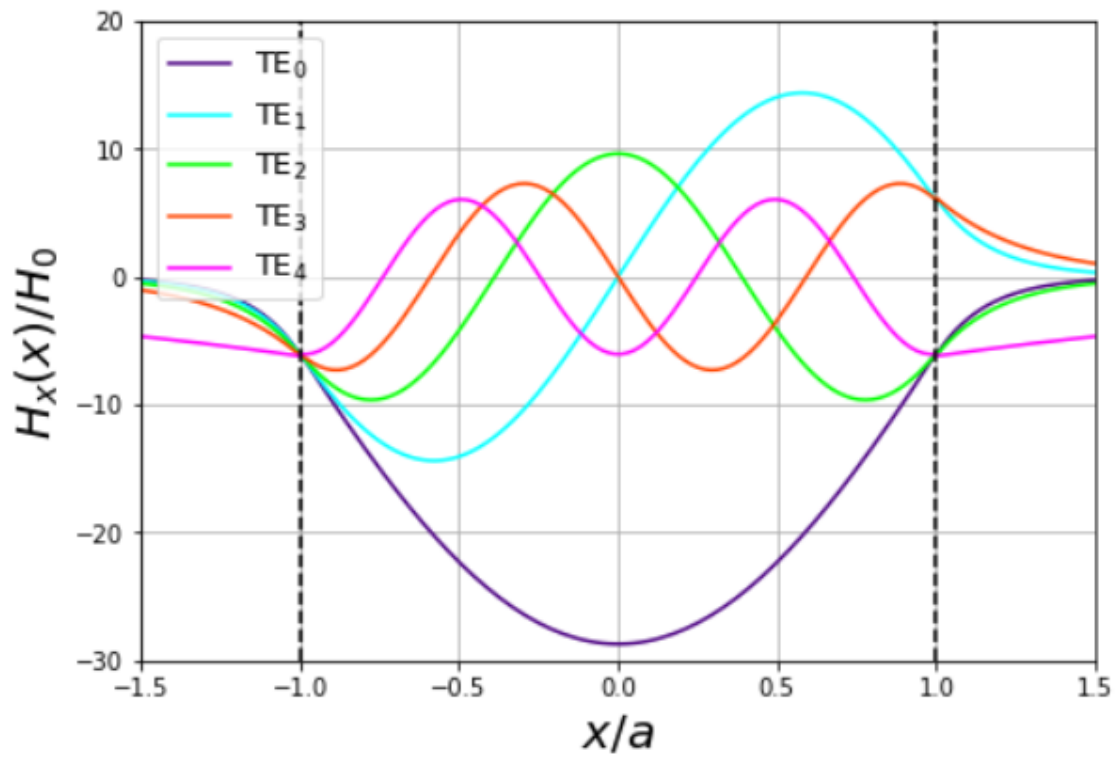
- c) Encontre todas as soluções (modos guiados) pelo método numérico apresentado no livro [Electromagnetic Waves and Antennas - Orfanidis](#). Compare com aqueles valores obtidos no item b).

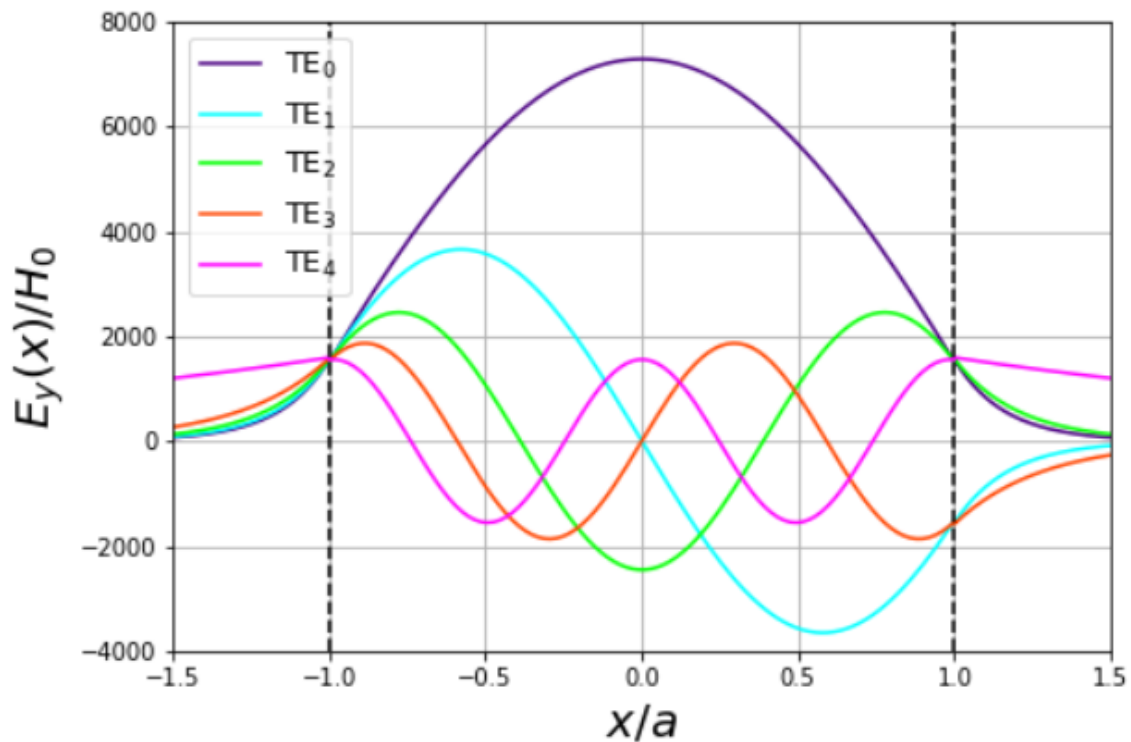
Método numérico

Modo	n_{eff}	n_g
TE_0	1.465165	1.4686
TE_1	1.471284	1.4659
TE_2	1.477098	1.4616

TE_3	1.481447	1.4558
TE_4	1.484107	1.4497

d) Ilustre a distribuição de campo E_y e H_x dos modos guiados. Para o campo normal à interface, discuta sua descontinuidade.





Através de análises cautelosas dos gráficos em associação com fundamentos teóricos, conclui-se que ambas as componentes de campo são **contínuas** nas interfaces.

2. Tomando o guia *slab* simétrico do problema anterior, considere, agora, apenas os modos TM.

- a) Determine, a partir cálculo da solução não-trivial de um sistema linear homogêneo de equações independentes (formado a partir da aplicação das condições de contorno sobre as equações de distribuição de campo transversais), as equações características (modos pares e ímpares).

②

As equações do modo TM são descritas como:

$$\begin{cases} E_x = -j \frac{\beta}{k_c^2} \frac{dE_z}{dx} \\ H_y = -j \frac{\omega \epsilon}{k_c^2} \frac{dE_z}{dx} \\ \frac{d^2 E_z}{dx^2} + k_c^2 E_z = 0 \end{cases}$$

Assumindo decaimento nos dielétricos vizinhos e aplicando as condições de fronteira, obtém-se os valores de $E_z(x)$:

$$E_z(x) = \begin{cases} A e^{-\alpha_c x} + A' e^{\alpha_c x}, & x \geq a \\ B \cos(k_f x) + C \sin(k_f x), & |x| \leq a \\ D e^{\alpha_n x} + D' e^{-\alpha_n x}, & x \leq -a \end{cases}$$

Como se trata de slab simétrico, $\alpha_c = \alpha_n$. Para máxima continuação de campo no núcleo do guia, $A' = D' = 0$. Assim tem-se:

$$E_z(x) = \begin{cases} A e^{-\alpha_c x}, & x \geq a \\ E_0 \sin(k_f x + \phi), & |x| \leq a \\ D e^{\alpha_c x}, & x \leq -a \end{cases} \quad (\text{solução par})$$

$$E_z(x) = \begin{cases} A e^{-\alpha_c x}, & x \geq a \\ E_0 \cos(k_f x + \phi), & |x| \leq a \\ D e^{\alpha_c x}, & x \leq -a \end{cases} \quad (\text{solução ímpar})$$

b) Ilustre os dois lados da equação característica correspondente (soluções pares e ímpares);

b) Equação característica do modo TM:

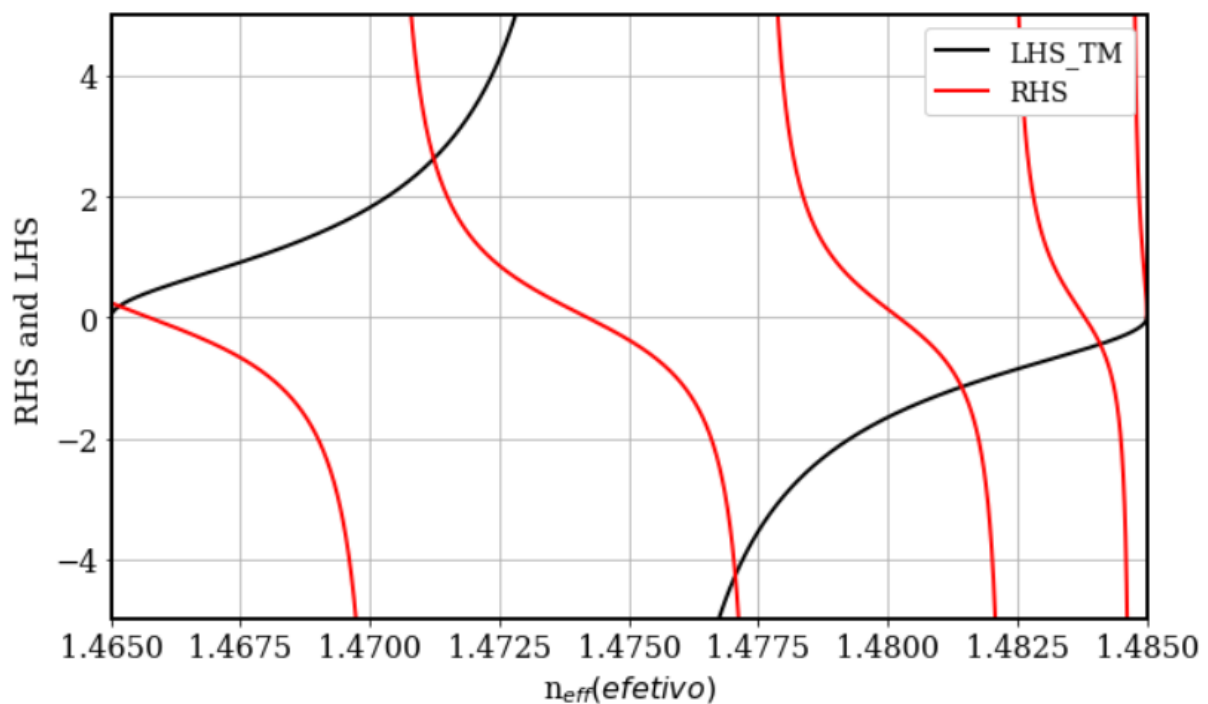
$$\frac{u(p_D v + p_C w)}{u^2 - p_D p_C v w} = \tan(2u), \text{ onde}$$

$$p_C = \frac{n_f^2}{n_c^2}$$

$$p_D = \frac{n_f^2}{n_D^2}$$

c) Encontre todas as soluções (modos guiados - método gráfico) possíveis e para cada solução apresente:

- os respectivos índices efetivos (n_{eff});
- os respectivos índices de grupo (n_g);



Método gráfico

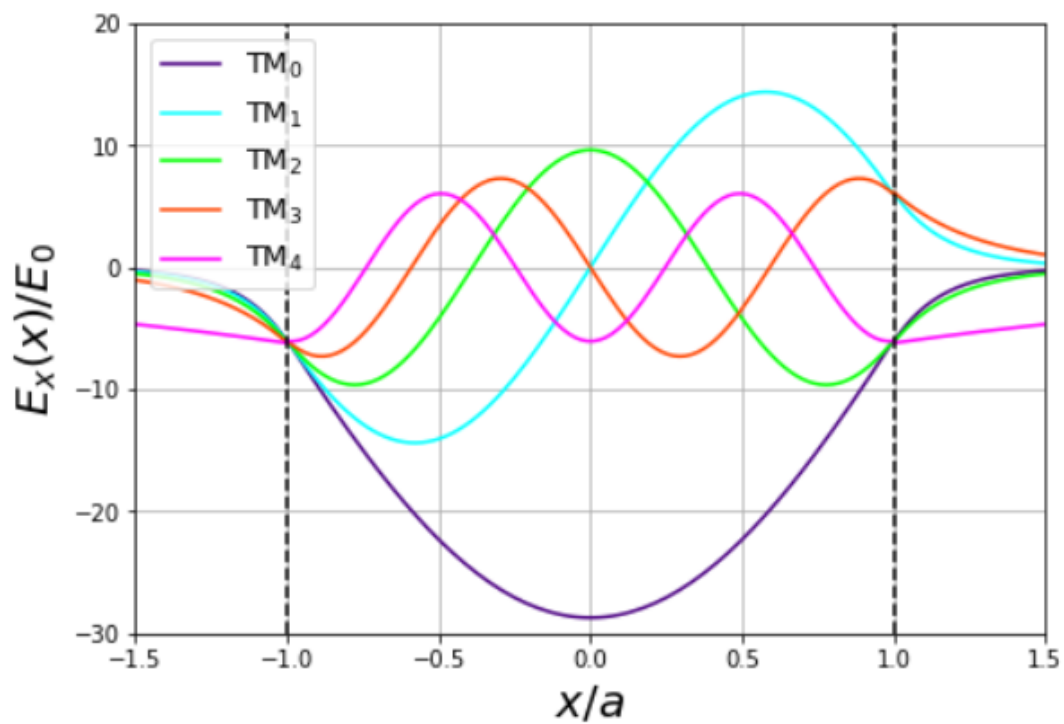
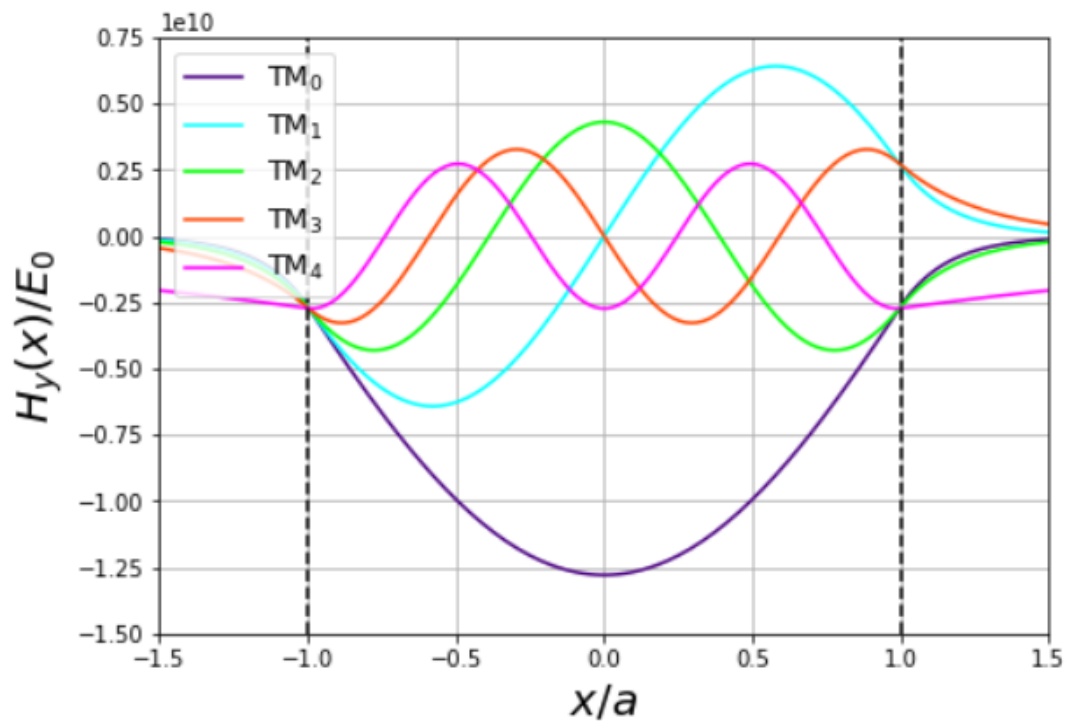
Modo	n_{eff}	n_g
TM_0	1.4652	1.4853
TM_1	1.4712	1.4875
TM_2	1.4770	1.4900
TM_3	1.4814	1.4980
TM_4	1.4841	1.4775

d) Encontre todas as soluções (modos guiados) pelo método numérico apresentado no livro [Electromagnetic Waves and Antennas - Orfanidis](#). Compare com aqueles valores obtidos no item b).

Método numérico

Modo	n_{eff}	n_g
TM_0	1.465159	1.4686
TM_1	1.471232	1.4659
TM_2	1.477055	1.4616
TM_3	1.481423	1.4557
TM_4	1.484100	1.4497

e) Ilustre a distribuição de campo H_y e E_x dos modos guiados. Para o campo normal à interface, discuta sua descontinuidade.



Através de análises cautelosas dos gráficos em associação com fundamentos teóricos, conclui-se que ambas as componentes de campo são **descontínuas** nas interfaces.

