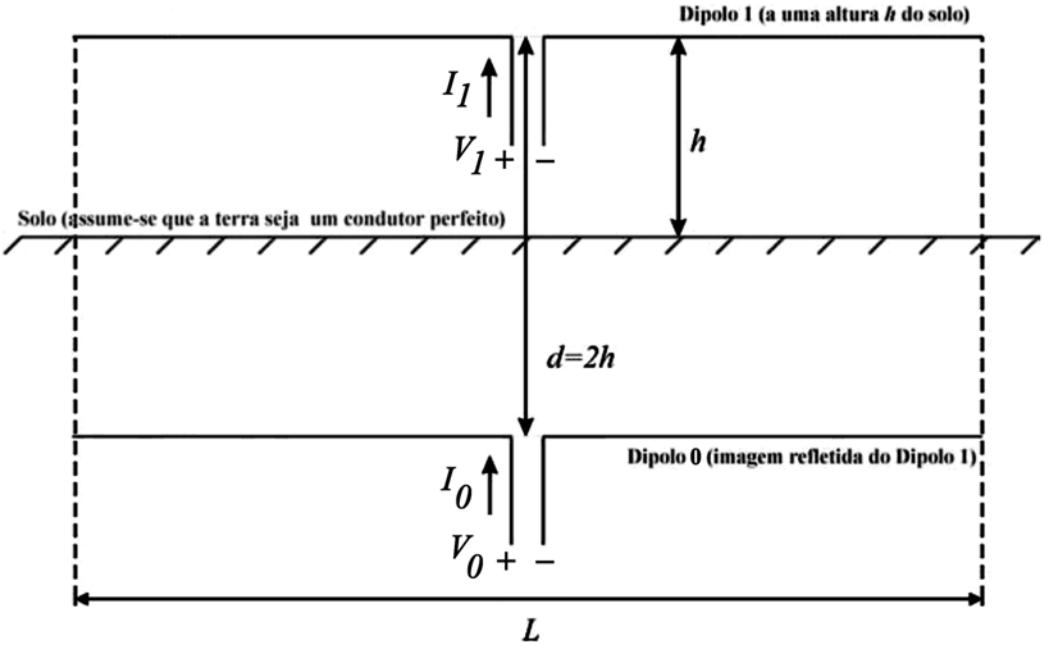
PUCRS – Escola Politécnica – Engenharia Elétrica

Antenas – T480 – 2° exercício aula 08/10/2019

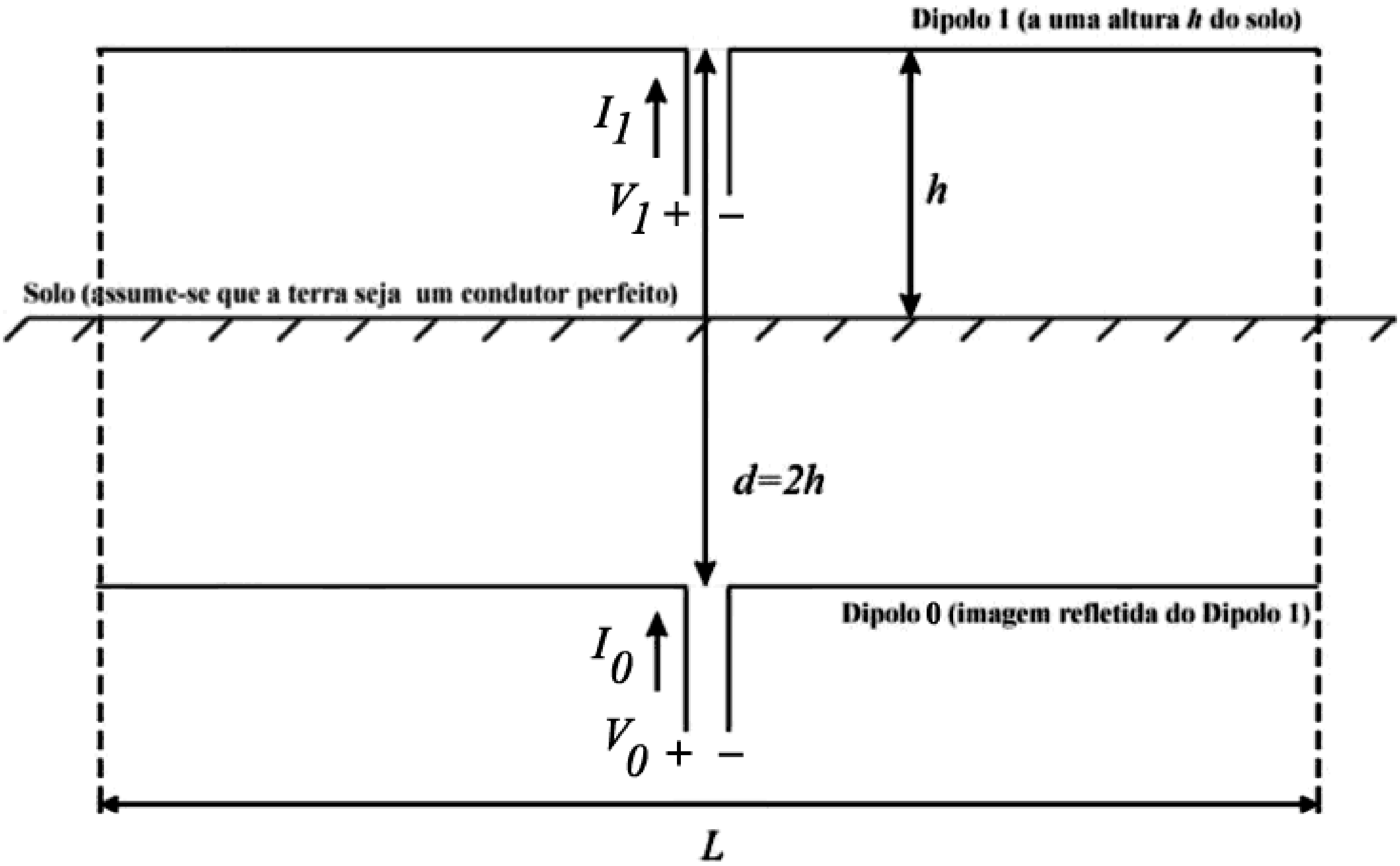
Seja um dipolo cilíndrico de tamanho $\boldsymbol{L}$ operando a uma altura h do solo, conforme mostra a figura abaixo.



Sabendo que a freqüência de operação é $f = 7.5$MHz, que o comprimento do dipolo é $\boldsymbol{L} = 0.5\lambda$, sendo λ o comprimento de onda da freqüência de operação, e que o raio do fio cilíndrico é 4mm, determine a impedância de entrada Ze= V1/I1 para:

a) $h = 0.1\lambda$
b) $h = 0.5\lambda$
c) $h = 30\lambda$

Solução :



$f := 7.5 \cdot MHz$ $\qquad \lambda := \dfrac{c}{f}$ $\qquad \lambda = 39.972\,m$

a) $\quad h = 3.997\,m \qquad d := 2 \cdot h \qquad d = 7.994\,m \qquad L = 19.986\,m \qquad R_0 = 4 \cdot mm$

Matriz impedância entre os dipolos 0 e 1:

$$Z = \begin{pmatrix} Z00 & Z01 \\ Z10 & Z11 \end{pmatrix}$$

$Z00 \rightarrow$ Impedância própria do dipolo 0 = razão V0/I0 obtida p/ a situação em que o dipolo 0 está no espaço livre separado de uma distância ***d*** infinita do dipolo 1 (usar programa Zi_CyDip)

$Z01 \rightarrow$ Impedância mútua entre os dipolos 0 e 1 = razão V0/I1 obtida p/ a situação em que os dipolos 0 e 1 estão no espaço livre separados entre si de uma distância ***d=2h*** (usar programa Zm_CyPDS)

$Z10 \rightarrow$ Impedância mútua entre os dipolos 1 e 0 = razão V1/I0 obtida p/ a situação em que os dipolos 0 e 1 estão no espaço livre separados entre si de uma distância ***d=2h*** (usar programa Zm_CyPDS)

$Z11 \rightarrow$ Impedância própria do dipolo 1 = razão V1/I1 obtida p/ a situação em que o dipolo 1 está no espaço livre separado de uma distância ***d*** infinita do dipolo 0 (usar programa Zi_CyDip)

$$Z = \begin{pmatrix} 74.8816 + 43.5638i & 53.8888 - 20.1014i \\ 53.8888 - 20.1014i & 74.8816 + 43.5638i \end{pmatrix} \cdot \Omega$$

$\longrightarrow$ Matriz impedância Z obtida usando o programa Zi_CyDip para as impedâncias próprias e usando o programa Zm_CyPDS para as impedâncias mútuas. Nos elementos $z_{i,j}$ da matriz Z os índices i,j de ordem 0,1 referem-se respectivamente ao dipolo virtual abaixo do solo e ao dipolo real 1 acima do solo, ambos de tamanho L e separados entre si de uma distância d=2h, conforme mostra a figura acima.

Considerando os terminais dos dois dipolos como um quadripolo, a relação matricial entre tensões e correntes nos dois dipolos é:

$$\begin{pmatrix} V0 \\ V1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Z_{00} & Z_{01} \\ Z_{10} & Z_{11} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} I0 \\ I1 \end{pmatrix}$$

Convertendo a equação matricial para um sistema de equações:

$$V0 = Z_{00} \cdot I0 + Z_{01} \cdot I1$$

$$V1 = Z_{10} \cdot I0 + Z_{11} \cdot I1$$

Mas como o dipolo 0 é a imagem do dipolo 1, temos as seguintes condições operacionais:

$V0 = -V1$ e $I0 = -I1$

Substituindo no sistema de equações acima as condições operacionais, temos:

$$-V1 = -Z_{00} \cdot I1 + Z_{01} \cdot I1$$

$$V1 = -Z_{10} \cdot I1 + Z_{11} \cdot I1$$

Isolando a impedância de entrada Ze=V1/I1 na 2ª equação do sistema acima, temos:

$$Ze = \frac{V1}{I1} = Z_{11} - Z_{10}$$

$Ze := Z_{1,1} - Z_{1,0}$ $\quad Ze = (20.993 + 63.665i) \cdot \text{ohm}$

b) $h = 19.986\,\text{m}$ $\quad d := 2 \cdot h$ $\quad d = 39.972\,\text{m}$ $\quad L = 19.986\,\text{m}$ $\quad R_0 = 4 \cdot \text{mm}$

Usando o mesmo procedimento do item a):

$Ze := Z_{1,1} - Z_{1,0}$ $\quad Ze = (70.723 + 25.172i) \cdot \text{ohm}$

c) $h = 1.199 \times 10^3\,\text{m}$ $\quad d := 2 \cdot h$ $\quad d = 2.398 \times 10^3\,\text{m}$ $\quad L = 19.986\,\text{m}$ $\quad R_0 = 4 \cdot \text{mm}$

Usando o mesmo procedimento do item a):

$Ze := Z_{1,1} - Z_{1,0}$ $\quad Ze = (74.88 + 43.234i) \cdot \text{ohm}$