

```

clear all
clc
close all
format short

% Cálculo numérico para engenharia elétrica com Matlab
% Capítulo 8: equações diferenciais parciais
% TLM

%%% TLM 2D serie method MATLAB implementation for a waveguide
%% Características do meio
co=3e+8;
Eps0=8.85*1E-12;
Mu0=4*pi*1E-7;
velocidade=1/sqrt(Eps0*Mu0);
Z0=120*pi; % Impedancia do espaço livre
Ztl=Z0/sqrt(2);
%% Dimensões física do guia de onda e modos de propagação
a=19.05E-3;
b=9.525E-3;
c=52; % Número de pontos no eixo x (+ 2 colunas)
l=27; % Número de pontos no eixo y (+ 2 linhas)
%%% Dimensões maiores para não zerar índices de i-1=0
deltal = 0.381e-3; % Distancia entre os nós)
deltat=0.898e-12;
%% Modo de propagação
m=1; n=0;
fc=(co/(2*pi))*sqrt(((m*pi)/a)^2+((n*pi)/b)^2); %Frequência de corte
lambdac=co/fc; cj=0.0+j*1.0;
T=(1/fc); %período de oscilação de cada modo
Tk=round((T/2)/deltat); %T/2 correspondente ao número de interações

%% Inicialização dos vetores e matrizes
ninter=3000; % Número de interações
ttotal=ninter*deltat; % Tempo total de simulação
pg(ninter)=0; % Vetor Pulso Gaussiano/Interações
mvi(1,c,4,ninter)=0; % Matriz de Vis todos pontos repetida 4x (4portas)
mvr(1,c,4,ninter)=0; % Matriz de Vrs todos pontos repetida 4x (4portas)
Ex(1,c,ninter)=0; % Matriz de Ex para todos os pontos
Ey(1,c,ninter)=0; % Matriz de Ey para todos os pontos
Hz(1,c,ninter)=0; % Matriz de Hz para todos os pontos
Hzs(ninter)=0; % Vetor com valores de Hz (ponto específico)
Exs(ninter)=0; % Vetor com valores de Ex (ponto específico)
Eys(ninter)=0; % Vetor com valores de Ey (ponto específico)
fEy(1,c,ninter)=0;
fHz(1,c,ninter)=0;
fftHzs(ninter)=0;
fftEys(ninter)=0;

%% Formatação do Pulso Gaussiano
Eo=1; %Amplitude do pulso
D=10*deltat; % Duração do pulso
L=10*deltat; % Largura do pulso
% pg=Eo*(exp(-18*((t-D)/L)^2));

```

```

%% Início da interação no tempo (loop principal)
for k=1:ninter
    t=deltat*k;
    pg(k)=( (Eo*(exp(-18*((t-D)/L)^2))) * ((0.5*deltal))); % Valores de
V2=V4
% Excitação (Sobrescreve os valores de tensão pulso enquanto ele existir)
    if k<=19
        mvi(2:26,26,2,k)= - pg(k);
        mvi(2:26,26,4,k)= - pg(k);
        mvi(2:26,26,1,k)= 0;          mvi(2:26,26,3,k)= 0;
    end

%% Início de inteações de linhas e colunas
    for i=2:l-1
        for j=2:c-1
            %%% Cálculo dos campos
            Ex(i,j,k)=-( (mvi(i,j,1,k)+mvi(i,j,3,k))/deltal);
            Ey(i,j,k)=-( (mvi(i,j,2,k)+mvi(i,j,4,k))/deltal);
            Hz(i,j,k)=( (mvi(i,j,1,k)+mvi(i,j,4,k)-mvi(i,j,3,k)-
mvi(i,j,2,k))/(2*Zt1))/deltal;
            %% DTF para todos os pontos da malha para uma frequência de corte
            if k>1
                fEy(i,j,k)= fEy(i,j,k-1) + Ey(i,j,k).*exp(-2*cj*pi*fc*t);
                fHz(i,j,k)= fHz(i,j,k-1) + Hz(i,j,k).*exp(-2*cj*pi*fc*t);
            else
                fEy(i,j,k)= Ey(i,j,k).*exp(-2*cj*pi*fc*t);
                fHz(i,j,k)= Hz(i,j,k).*exp(-2*cj*pi*fc*t);
            end

%% Matriz Vs refletidas no mesmo K
            mvr(i,j,1,k)= 0.5*(mvi(i,j,1,k)+ mvi(i,j,2,k)+ mvi(i,j,3,k)-
mvi(i,j,4,k));
            mvr(i,j,2,k)= 0.5*(mvi(i,j,1,k)+ mvi(i,j,2,k)- mvi(i,j,3,k)+
mvi(i,j,4,k));
            mvr(i,j,3,k)= 0.5*(mvi(i,j,1,k)- mvi(i,j,2,k)+ mvi(i,j,3,k)+
mvi(i,j,4,k));
            mvr(i,j,4,k)= 0.5*(-mvi(i,j,1,k)+ mvi(i,j,2,k)+ mvi(i,j,3,k)+
mvi(i,j,4,k));

%% Conexão com nó seguinte
            mvi(i+1,j,3,k+1)=mvr(i,j,1,k);
            mvi(i-1,j,1,k+1)=mvr(i,j,3,k);
            mvi(i,j-1,4,k+1)=mvr(i,j,2,k);
            mvi(i,j+1,2,k+1)=mvr(i,j,4,k);
        end
    end

%% Condição de contorno
        mvi(26,:,1,k+1)=-mvr(26,:,1,k);
        mvi(2,:,3,k+1)=-mvr(2,:,3,k);
        mvi(:,2,2,k+1)=-mvr(:,2,2,k);
        mvi(:,51,4,k+1)=-mvr(:,51,4,k);

% Saídas para um ponto específico da malha
    Hzs(k)=Hz(13,29,k);   Exs(k)=Ex(13,29,k);   Eys(k)=Ey(13,29,k);

end

```

```

vetorf=linspace(0,30,3000);
vetort=(0:1:ninter-1)*deltat;
% vetorf=[0:S3:30E9-S3];

% figure(1)
% plot(pg)
%
% figure(2)
% plot(vetort,Hzs);
% grid
% legend('Hz')
%
% figure(3)
% plot(vetort,Eys);
% grid
% legend('Ey')
%
% figure(4)
% plot(vetorf,abs(fft(Hzs,3000)));
% grid
% %
% figure(5)
% plot(vetorf,abs(fft(Eys,3000)));
% grid

%figure(6)
subplot(1,2,1),surf(abs(fEy(2:26,2:51,1500)));
xlabel('Nx'); ylabel('Ny'); zlabel('fEy');
axis([0 55 0 30 0 110]);
%legend('fEy')

%figure(7)
subplot(1,2,2), surf(abs(fHz(2:26,2:51,1500)));
xlabel('Nx'); ylabel('Ny');zlabel('fHz');
axis([0 55 0 30 0 0.25]);
%legend('fHz');

% %figure(8)
% subplot(2,2,[3,4]), quiver(fHz(2:26,2:51,71),fEy(2:26,2:51,71))
% axis([0 51 0 26])
% xlabel('Nx')
% ylabel('Ny')

```