

```

%programa para calcular a impedancia de um eletrodo vertical em um solo
%homogeneo

clc
close all
clear all

Ns=1000;           % Qtde de pontos de frequênciã
fi=log10(1e2);    % Frequêncianicial
ff=log10(1e7);    % Frequênciã final
freq=logspace(fi,ff,Ns); % Vetor de frequênciãs

% =====
% Dados do solo e geometria do eletrodo
% -----

eps0=8.8541878176e-12; % Epsilon zero = permissividade do vácuo [F/m]
mu0=4*pi*1e-7;        % permeabilidade magnética do vácuo [H/m]
epsr=10 ;             % permissividade relativa
mur=1;               % permeabilidade relativa
eps=eps0*epsr;       % permissividade do solo [F/m]
mu=mu0*mur;          % permeabilidade do solo [H/m]

raio=12.5/1000;      % raio do eletrodo (~50mm^2) em [m]
L=3;                % comprimento do eletrodo
r0=100;             % resistividade do solo

% -----

for k=1:length(freq)

    eps(k)=epsr*eps0;
    pl(k)=r0;
end

for k=1:length(freq)
    k
    length(freq)

    s(k)=i*2*pi*freq(k);

%parametros eletricos por unidade de comprimento

r1(k)=1.724e-8/(pi*raio^2); %resistênciã do cobre (eletrodo)
[Ohm/m]
R1(k)=(pl(k)./(2*pi)).*(log(4.*L./raio)-1); %resistênciã transversal [Ohm.m]
C1(k)=(pl(k).*eps(k))./R1(k); %capacitânciã transversal [F/m]
L1(k)=(mu./(2*pi)).*(log(2.*L./raio)-1); %indutância [H/m]

```

```

%
z1(k) = (r1(k)+s(k).*L1(k));% impedancia longitudinal
y1(k) = 1./R1(k)+s(k).*C1(k);% admitancia transversal

zo(k)=sqrt(z1(k)./y1(k)); %impedância característica
gama(k)=sqrt(z1(k).*y1(k)); %função de propagação

zh(k)=zo(k).*coth(gama(k).*L); %imped. harmôn. do eletrodo (no term. emissor
z=Va/Ia)

Zeq(k)=abs(zh(k));
fase(k)=angle(zh(k))*180/pi;

end

%plot dos graficos
fonte = 20;

figure(1)
semilogx(freq,Zeq,'r','linewidth',2)
xlabel('Frequency (Hz)','Fontweight','bold','FontSize',fonte)
ylabel('|Z(\omega)| (\Omega)','Fontweight','bold','FontSize',fonte)
set(gca,'FontWeight','bold')
set(gca,'FontSize',fonte)
grid

figure(2)
semilogx(freq,fase,'r','linewidth',2)
xlabel('Frequency (Hz)','Fontweight','bold','FontSize',fonte)
ylabel('\angle Z(\omega) (deg)','Fontweight','bold','FontSize',fonte)
set(gca,'FontWeight','bold')
set(gca,'FontSize',fonte)
grid

```

```

%programa para calcular o GPR de eletrodos horizontal em um solo homogeneo
clc
close all
clear all

```

```

Ns=1000;           % Qtde de pontos de frequência
fi=log10(1e2);    % Frequência inicial
ff=log10(5e6);    % Frequência final
freq=logspace(fi,ff,Ns); % Vetor de frequências

```

```

% =====
% Dados do solo e geometria do eletrodo
% -----

```

```

epso=8.8541878176e-12; % Epsilon zero = permissividade do vácuo [F/m]
mio=4*pi*1e-7;        % permeabilidade magnética do vácuo [H/m]
epsr=10 ;             % permissividade relativa
mir=1;                % permeabilidade relativa
eps=epso*epsr;        % permissividade do solo [F/m]
mi=mio*mir;           % permeabilidade do solo [H/m]
raio=12.5/1000;       % raio do eletrodo (~50mm^2) em [m]
r0=2000;              % resistividade do solo
d=30;                 % comprimento do eletrodo
h=0.6;                % profundidade do eletrodo

```

```

% -----calculo da impedancia harmonica-----
% -----

```

```

for k=1:length(freq)

```

```

    eps(k)=epsr*epso;
    p1(k)=r0;

```

```

end

```

```

for k=1:length(freq)
    k
    length(freq)
    s(k)=i*2*pi*freq(k);

```

```

%parametros eletricos por unidade de comprimento

```

```

L(k)=(log((2*d/sqrt(raio*h))-1));

```

```

r1(k)=1.724e-8/(pi*raio^2);%resistência do cobre (eletrodo) [Ohm/m]

```

```

G1(k)=(2*pi/p1(k))./L(k); %resistência transversal [Ohm.m]

```

```

C1(k)=(2*pi*eps(k))./L(k);%capacitânciatransversal [F/m]

```

```

L1(k)=(mi/(2*pi))*L(k); %ind. long.(TL-image) [H/m]

```

```

end

```

```

for k=1:length(freq)

z1(k) = (r1(k)+s(k).*L1(k));%impedancia longitudinal
y1(k) = G1(k)+s(k).*C1(k);%admitancia transversal

z01(k)=sqrt(z1(k)./y1(k)); %impedância característica
gama1(k)=sqrt(z1(k).*y1(k)); %função de propagação

zh(k)=z01(k).*coth(gama1(k).*d); %imped. harmôn. do eletrodo (no term.
emissor z=Va/Ia)

Zeq(k)=abs(zh(k));
fase(k)=angle(zh(k))*180/pi;

end

%===== plot dos
graficos=====
fonte= 20;

figure(1)
semilogx(freq,Zeq,'k','linewidth',2)
hold on
xlabel('Frequency (Hz)','Fontweight','bold','FontSize',fonte)
ylabel('|Z(\omega)| (\Omega)','Fontweight','bold','FontSize',fonte)
set(gca,'FontWeight','bold')
set(gca,'FontSize',fonte)
grid

figure(2)
semilogx(freq,fase,'k','linewidth',2)
hold on
xlabel('Frequency (Hz)','Fontweight','bold','FontSize',fonte)
ylabel('\angle Z(\omega) (deg)','Fontweight','bold','FontSize',fonte)
set(gca,'FontWeight','bold')
set(gca,'FontSize',fonte)
grid

```