André Kenzo Nakamura NUSP 9787112

Lista C - PME3380 Modelagem de Sistemas Dinâmicos

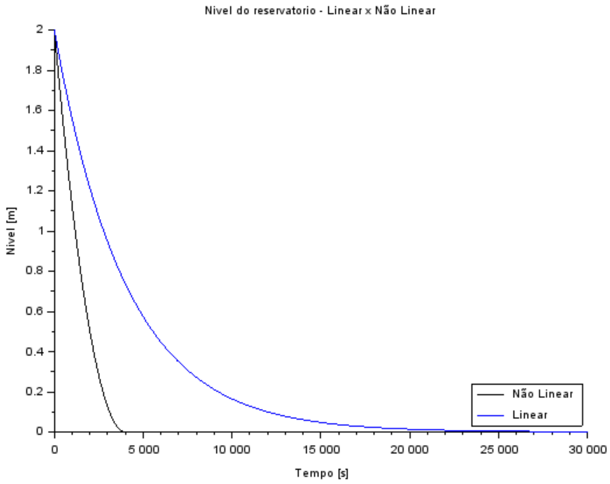
Exercício 1

Comparação entre o modelo linear e o não linear

A equação original (não linear) é: $\dot{h} = \frac{1}{S}\left(Qe - \sqrt{\frac{\rho g h}{R}}\right)$

E a linearizada é: $\dot{h} = \frac{1}{2S}\sqrt{\frac{\rho g}{R h_0}}x + \frac{1}{S}u$

O resultado dos dois métodos se encontra no gráfico abaixo.



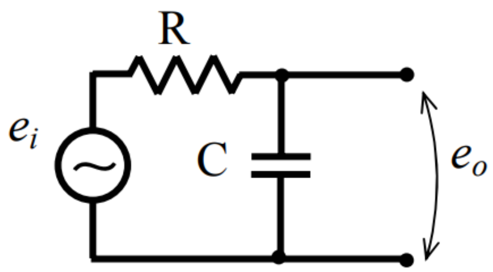
Código

```
clear all

//Não Linear
function [hdot]=tanque(t, h, Qe)
hdot=(-sqrt(rho*g*h/R)+Qe(t))/S
endfunction

function [u]=entrada(t)
u=Qei;
endfunction

S=10;
rho=1000;
g=10;
R=2*10^8;
ho=2;
hi=0.1;
```

```
Qei=1e-6; //zero
t=0:10:30000;
h0=2;

h=ode(h0,t(1),t,list(tanque,entrada));

//Linear

A=(-1/(2*S))*sqrt(rho*g/(R*ho));
B=1/S;
C=1;
D=0;
tanque=syslin('c',A,B,C,D);
u=Qei*ones(t);

[y,x]=csim(u,t,tanque,h0);

//Plot
plot2d(t,h,1);
plot2d(t,y,2);

legends(["Não Linear","Linear"],[1,2],4);
xtitle("Nivel do reservatorio - Linear x Não Linear","Tempo [s]","Nivel [m]");
```

Exercício 2

Analogia elétrica



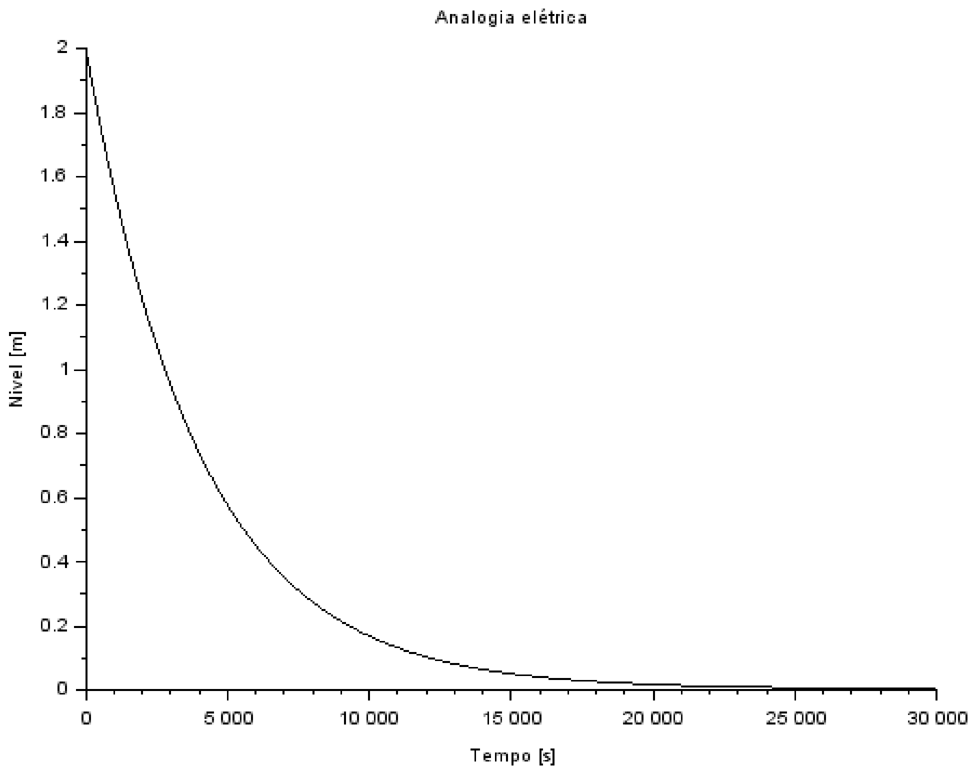
Pelo método das malhas: $e_i - Ri - \frac{i}{CD} = 0$

Adotando i/D como h, temos: $\dot{h} = \frac{h}{CR} + \frac{e_i}{R}$

E considerando as seguintes analogias:

e_i	u
R	S
$\frac{1}{C}$	$\frac{1}{2}\sqrt{\frac{\rho g}{R h_0}}$

O resultado está apresentado no gráfico abaixo.



Código

```
clear all

C=-400
R=10;

Qei=10^-5;
A==1/(R*C);
B=1/R;
C=1;
D=0;
tanque=syslin('c',A,B,C,D);

x0=2;
t=0:10:30000;
u=Qei*ones(t);
[y,x]=csim(u,t,tanque,x0);

plot2d(t,y)
xtitle("Analogia elétrica","Tempo [s]","Nivel [m]");
```

Exercício 3

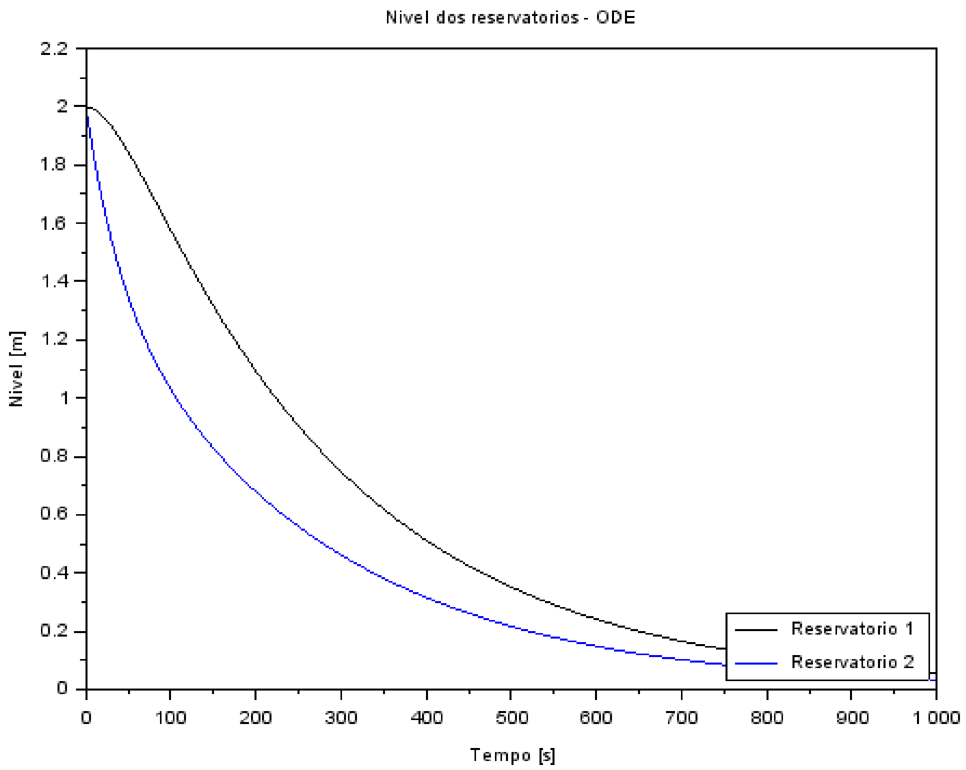
Modelo linear de dois reservatórios

Como demonstrado na lista anterior, o sistema linear para o problema é:

$$\begin{bmatrix}\dot{x}_1\\ \dot{x}_2\end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2S_1}\sqrt{\frac{\rho g}{R_a\left(h_{1o}-h_{2o}\right)}} & \frac{1}{2S_1}\sqrt{\frac{\rho g}{R_a\left(h_{1o}-h_{2o}\right)}} \\ \frac{1}{2S_2}\sqrt{\frac{\rho g}{R_a\left(h_{1o}-h_{2o}\right)}} & -\frac{1}{2S_2}\left(\sqrt{\frac{\rho g}{R_a\left(h_{1o}-h_{2o}\right)}}+\sqrt{\frac{\rho g}{R_s\cdot h_{2o}}}\right)\end{bmatrix}\begin{bmatrix}x_1\\ x_2\end{bmatrix} + \begin{bmatrix}\frac{1}{S_1}\\ 0\end{bmatrix}u$$

$$\begin{bmatrix}y_1\\ y_2\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}1 & 0\\ 0 & 1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}x_1\\ x_2\end{bmatrix} + \begin{bmatrix}0\\ 0\end{bmatrix}u$$

Então, ao resolver o sistema linear, obtém-se:



Código

```
clear

rho=1000;
g=10;
R1=2*10^8;
R2=2*10^8;
```

```
S1=10;
S2=10;
ho=2;
hi=0.1;
Qei=1/2*sqrt(rho*g/(ho*R1))*hi;
t=0:10:1000;

h10=2;
h20=2;

a1=sqrt(rho*g/(R1*(h10-h20)));
a2=sqrt(rho*g/(R2*h20));

A=[(-1/(2*S1))*a1,(1/(2*S1))*a1;(1/(2*S2))*a1,(-
1/(2*S2))*a1+a2];
B=[1/S1;0];
C=[1,0;0,1]
D=[0;0];

tanque=syslin('c',A,B,C,D);

u=Qei*ones(t);
// Simulando o sistema usando o comando csim:
[y,x]=csim(u,t,tanque,[h10;h20]);

plot(t,y(1,:),"k",t,y(2,:),'b');

legends(["Reservatorio 1","Reservatorio 2"],[1,2],4);
xtitle("Nivel dos reservatorios - ODE","Tempo [s]","Nivel [m]");
```