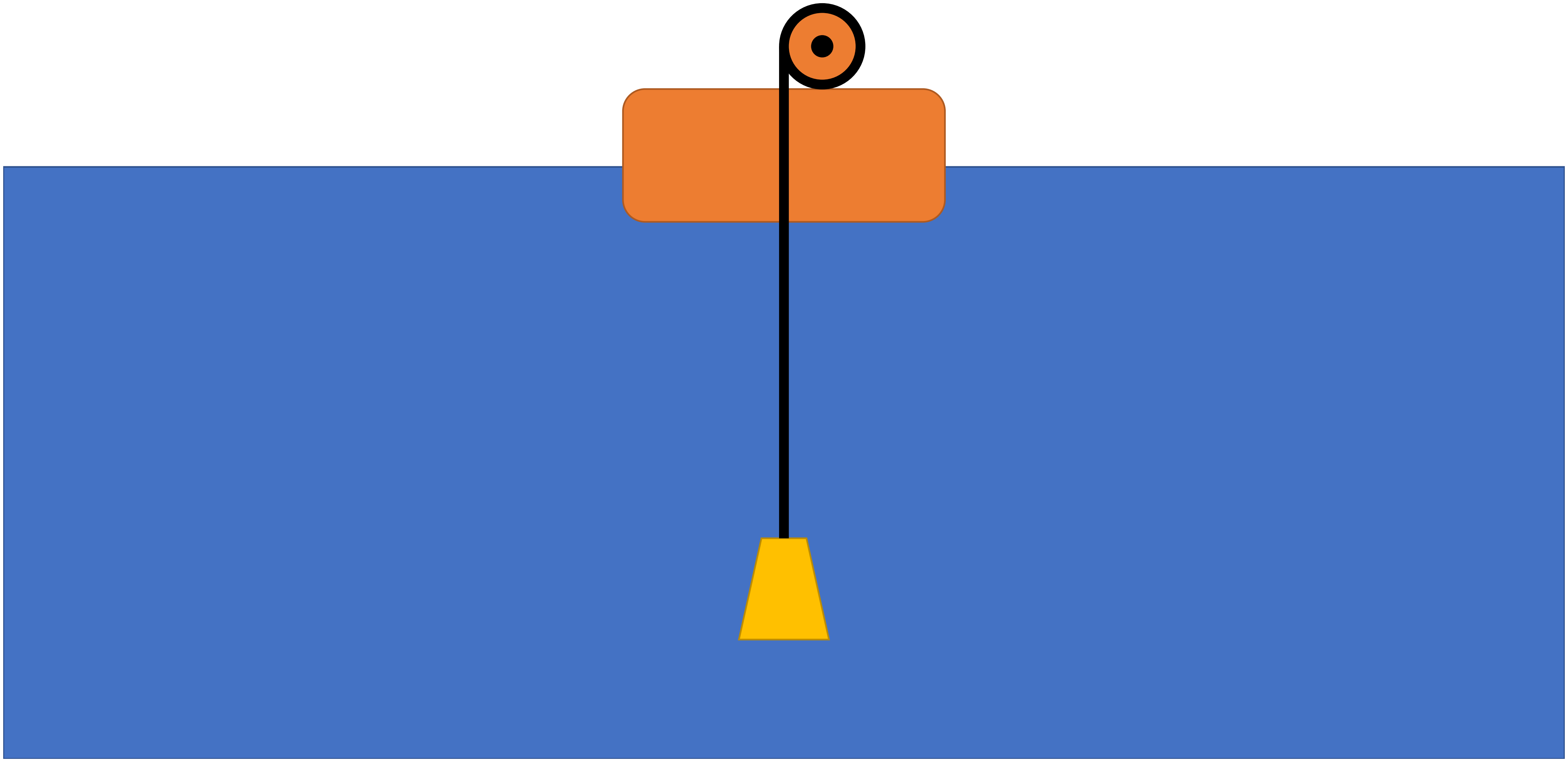
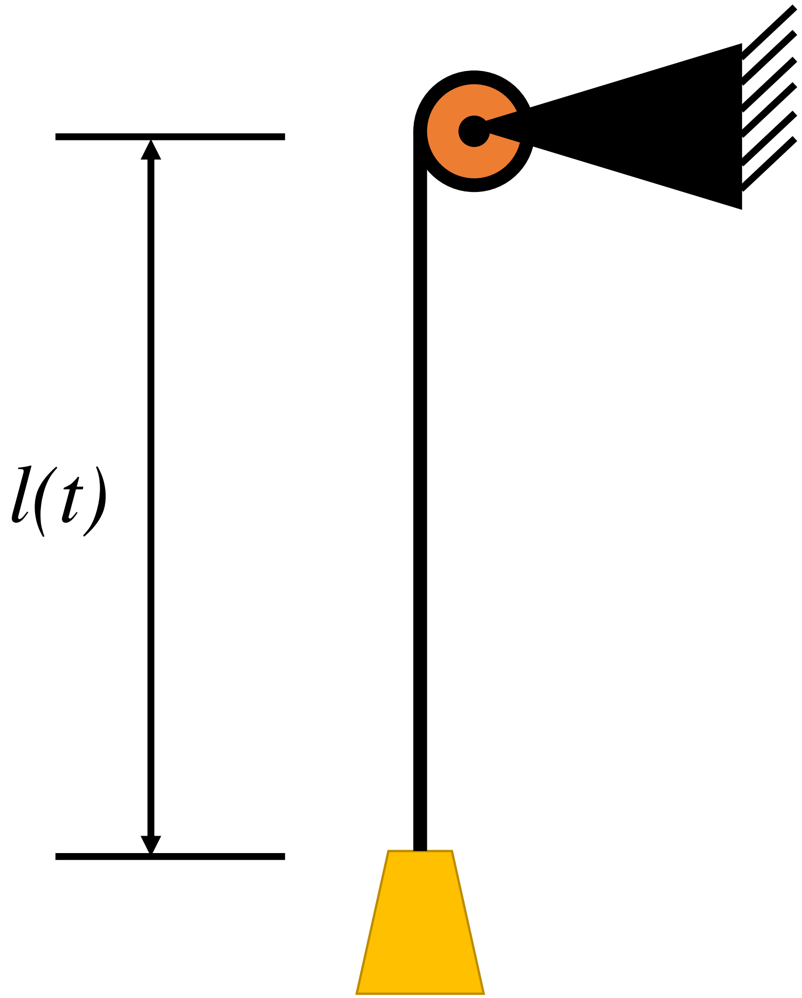
Dinâmica de Sistemas Navais e Oceânicos

PNV3314 Dinâmica de Sistemas

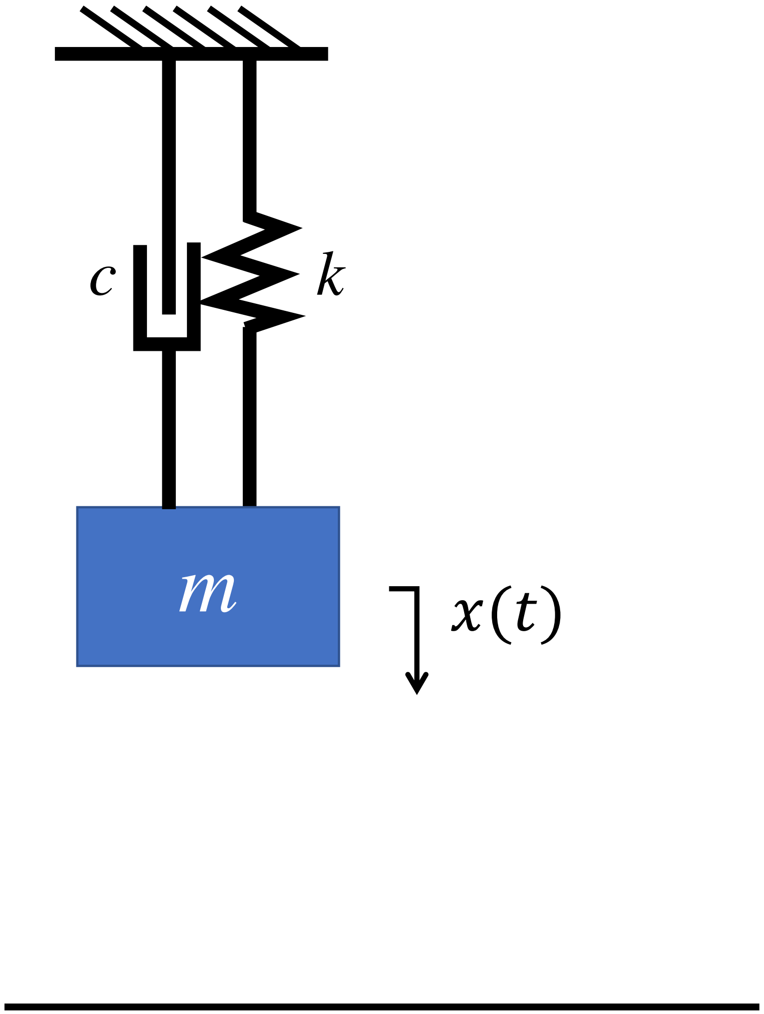
Aula 8

Simulação de sistema dinâmico



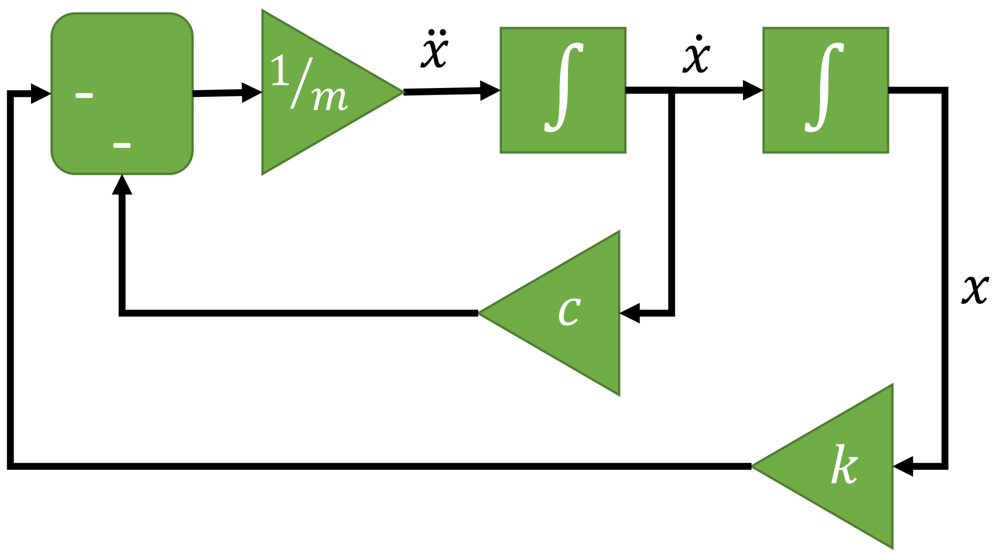


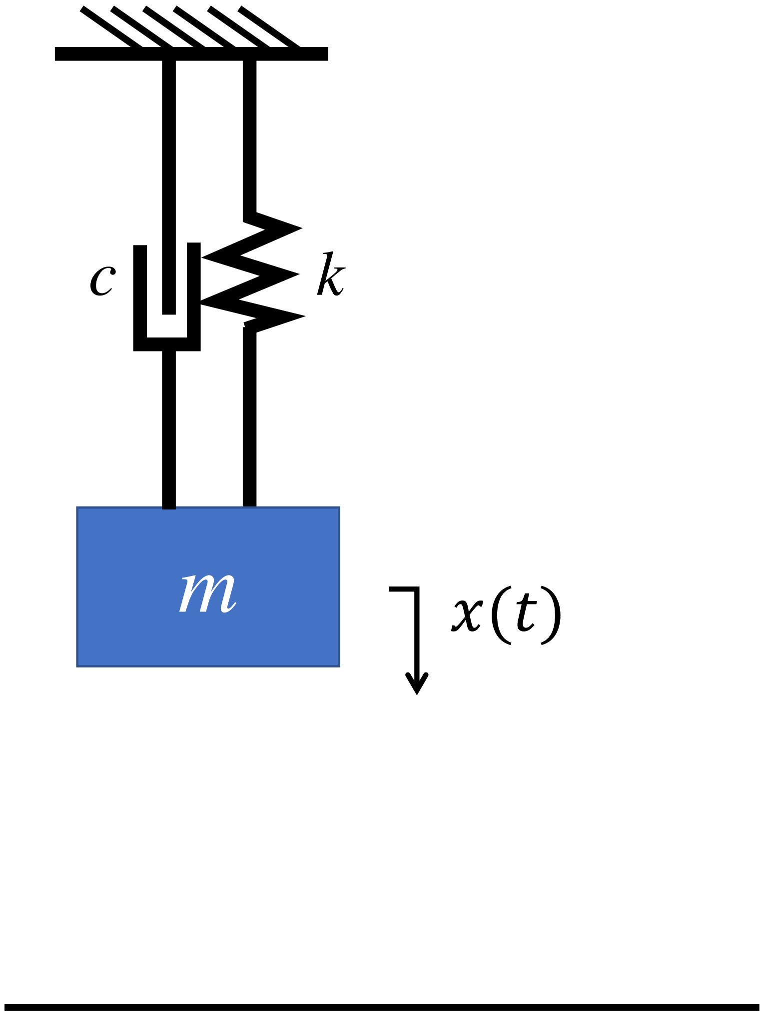
EM AR



$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = 0$$

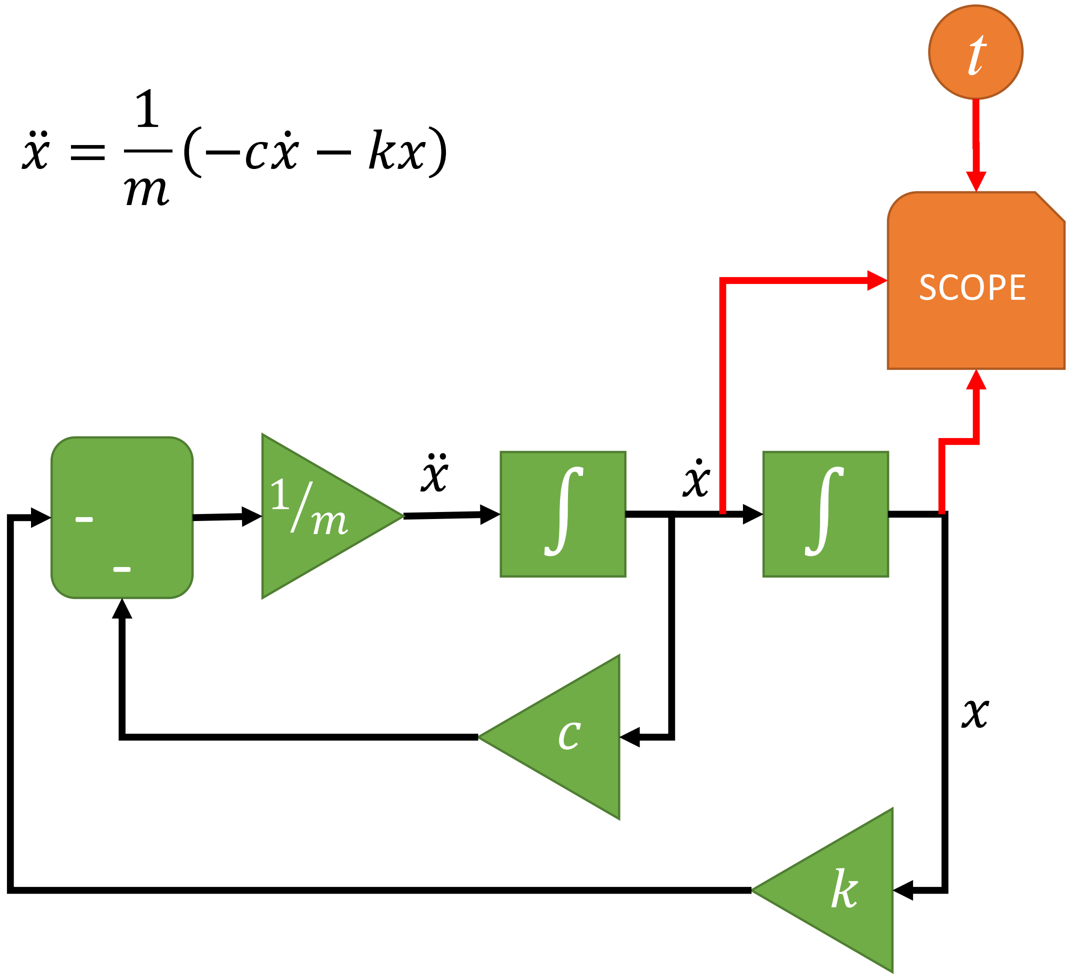
$$\ddot{x} = \frac{1}{m}(-c\dot{x} - kx)$$





$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = 0$$

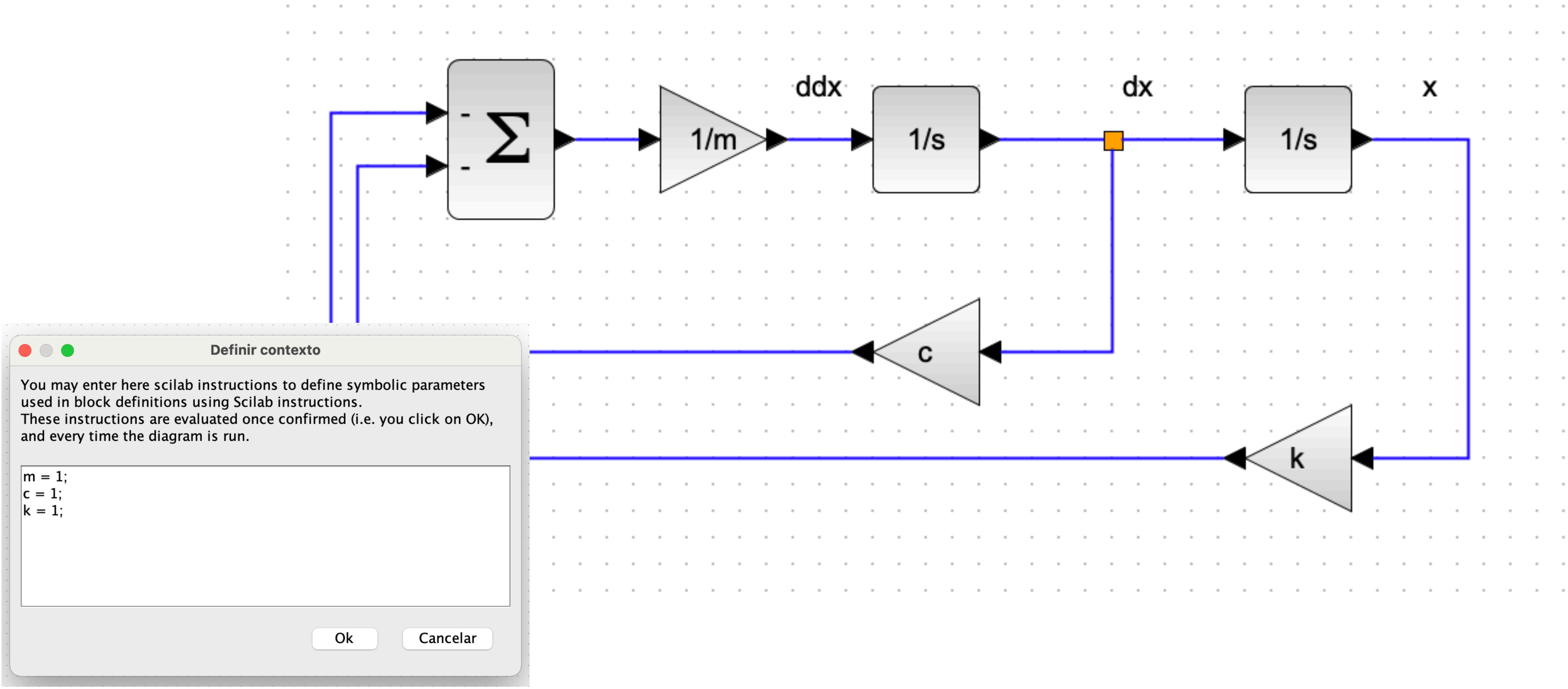
$$\ddot{x} = \frac{1}{m}(-c\dot{x} - kx)$$

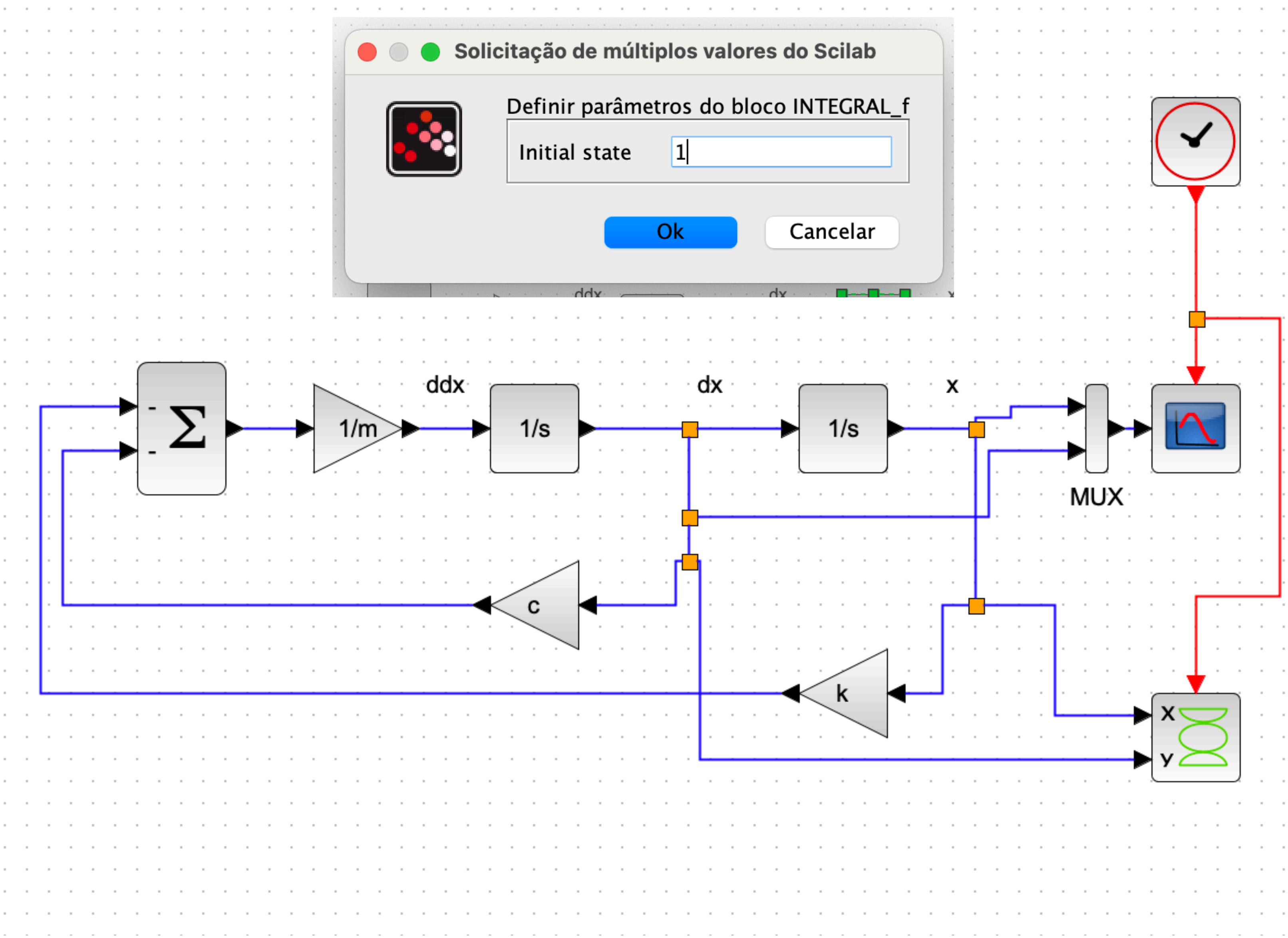


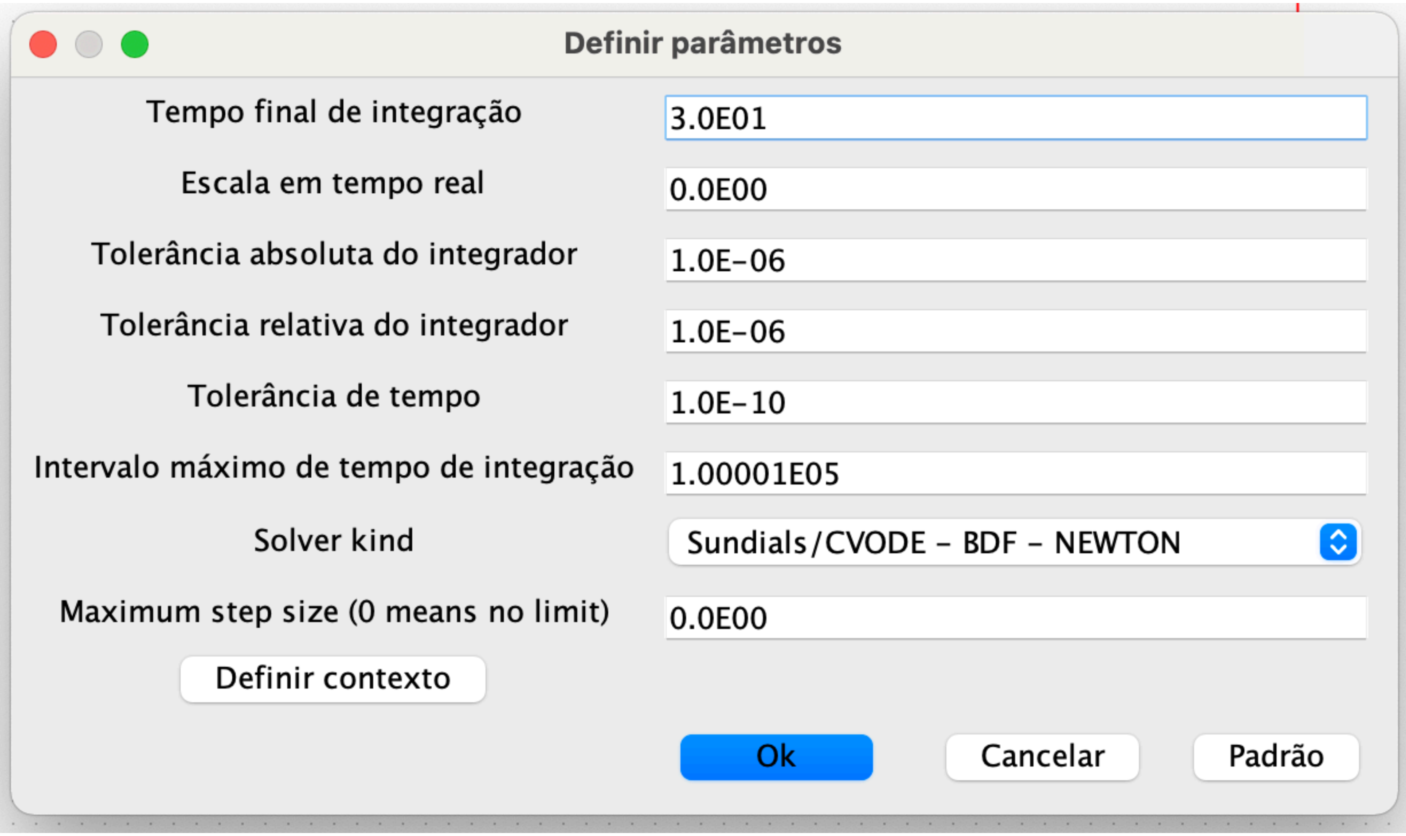
Simulação dinâmica no Scilab/XCOS

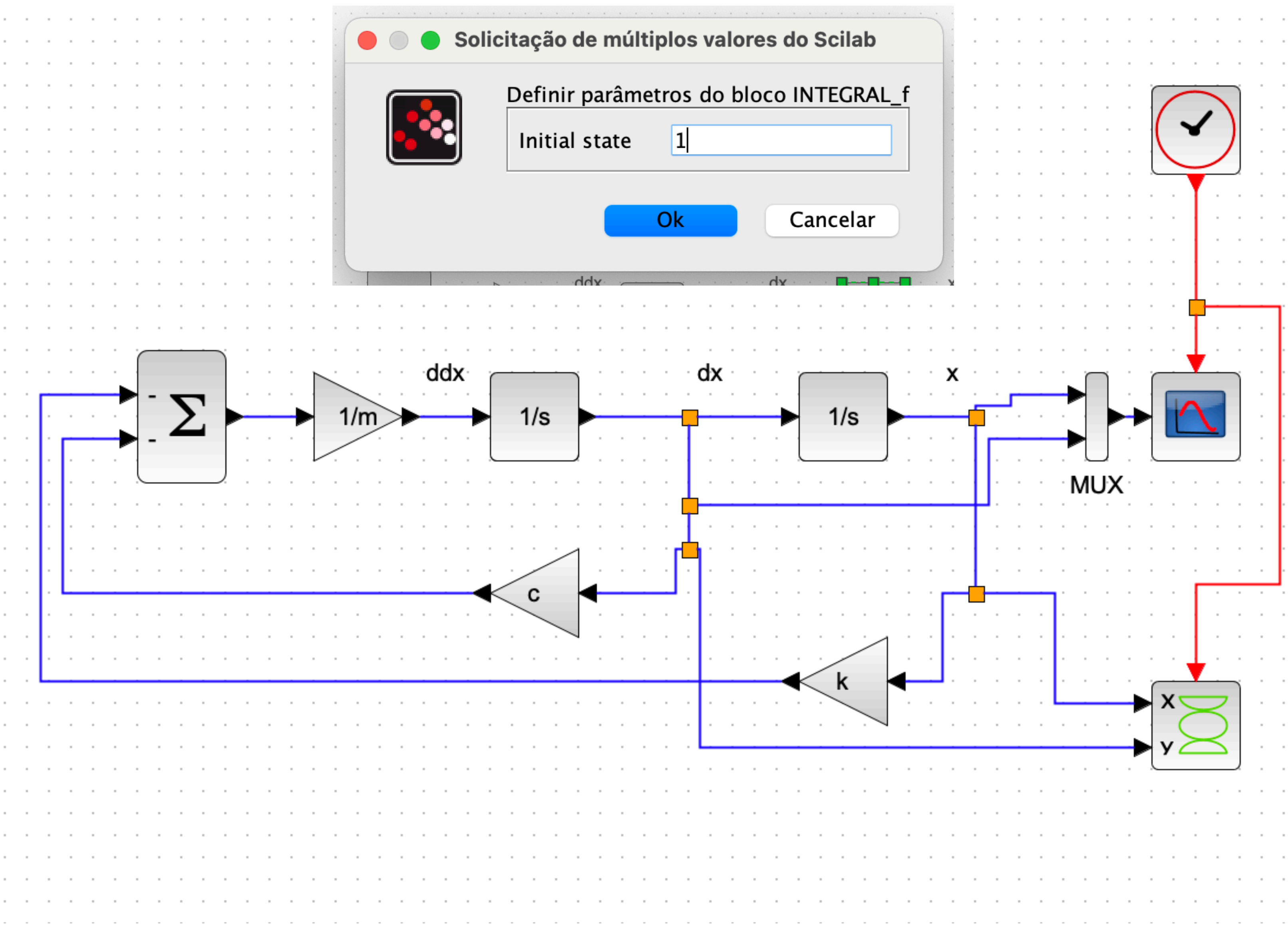
- Abrir Scilab.
- Na linha de comando, digitar XCOS. Abrirá ambiente de blocos.

Diagrama de blocos



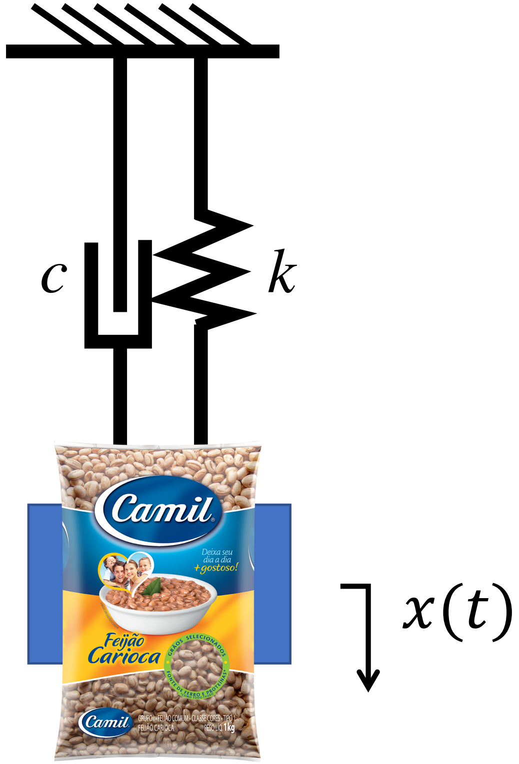

Solicitação de múltiplos valores do Scilab
Definir parâmetros do bloco INTEGRAL_f
Initial state
1
Ok
Cancelar
ddx
1/m
1/s
dx
1/s
x
MUX
c
k
x
y


Definir parâmetros
Tempo final de integração
3.0E01
Escala em tempo real
0.0E00
Tolerância absoluta do integrador
1.0E-06
Tolerância relativa do integrador
1.0E-06
Tolerância de tempo
1.0E-10
Intervalo máximo de tempo de integração
1.00001E05
Solver kind
Sundials/CVODE - BDF - NEWTON
Maximum step size (0 means no limit)
0.0E00
Definir contexto
Ok
Cancelar
Padrão



Solicitação de múltiplos valores do Scilab
Definir parâmetros do bloco INTEGRAL_f
Initial state
1
Ok
Cancelar
Σ
1/m
ddx
1/s
dx
1/s
x
MUX
c
k
x
y

Pense num sistema real... não amortecido



$$m = 1\text{kg}$$

$$c = 0$$

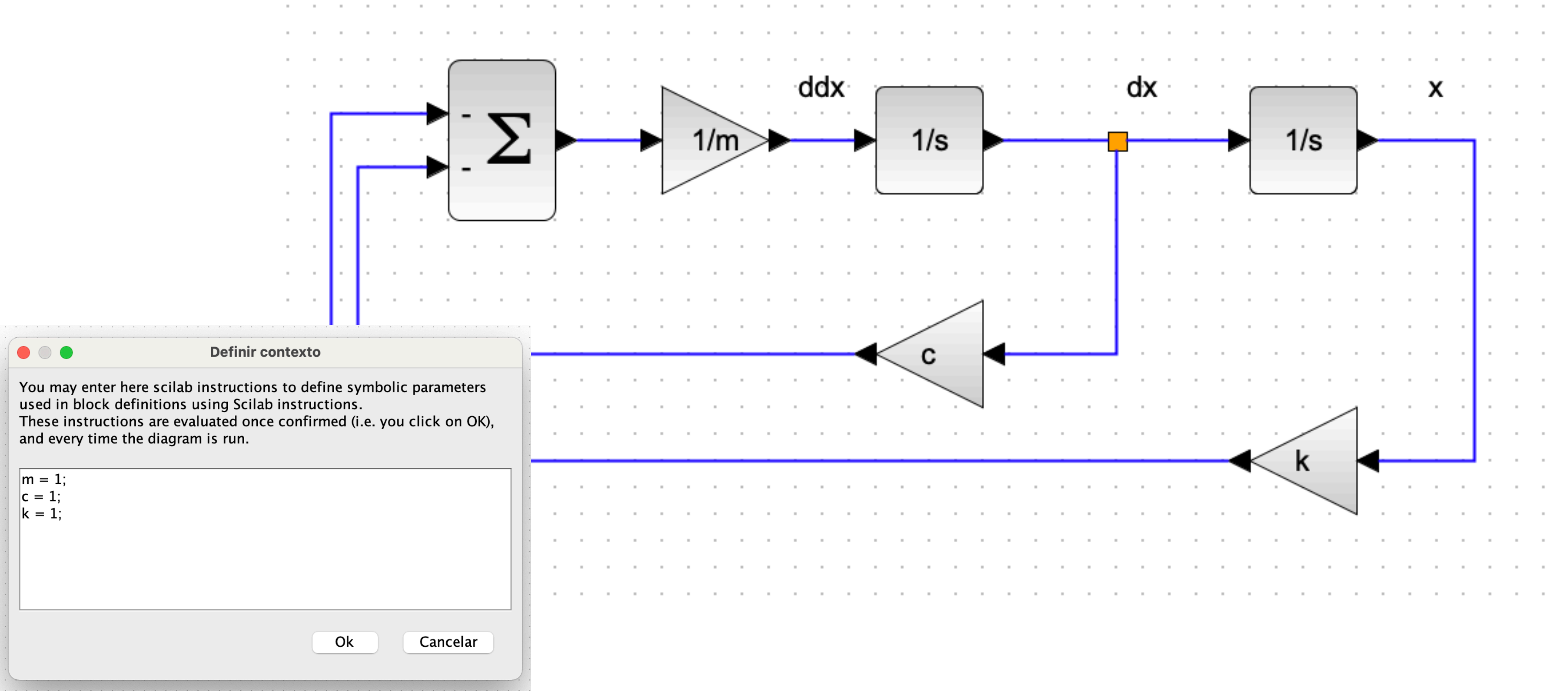
$$k = ?$$

$$f_n = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}} = 1\text{Hz}$$

$$k = 4\pi^2 m f_n^2 = 39{,}47\text{N/m}$$

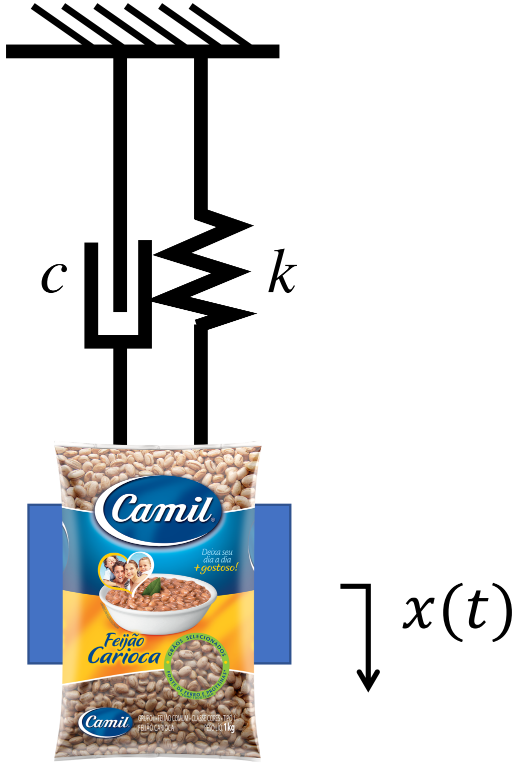
$$1\text{kgf} = kx_0 = 0{,}25\text{m}$$

Diagrama de blocos



Agora amortecido...

$$f_n = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}} = 1\mathrm{Hz}$$



$$m = 1\mathrm{kg}$$

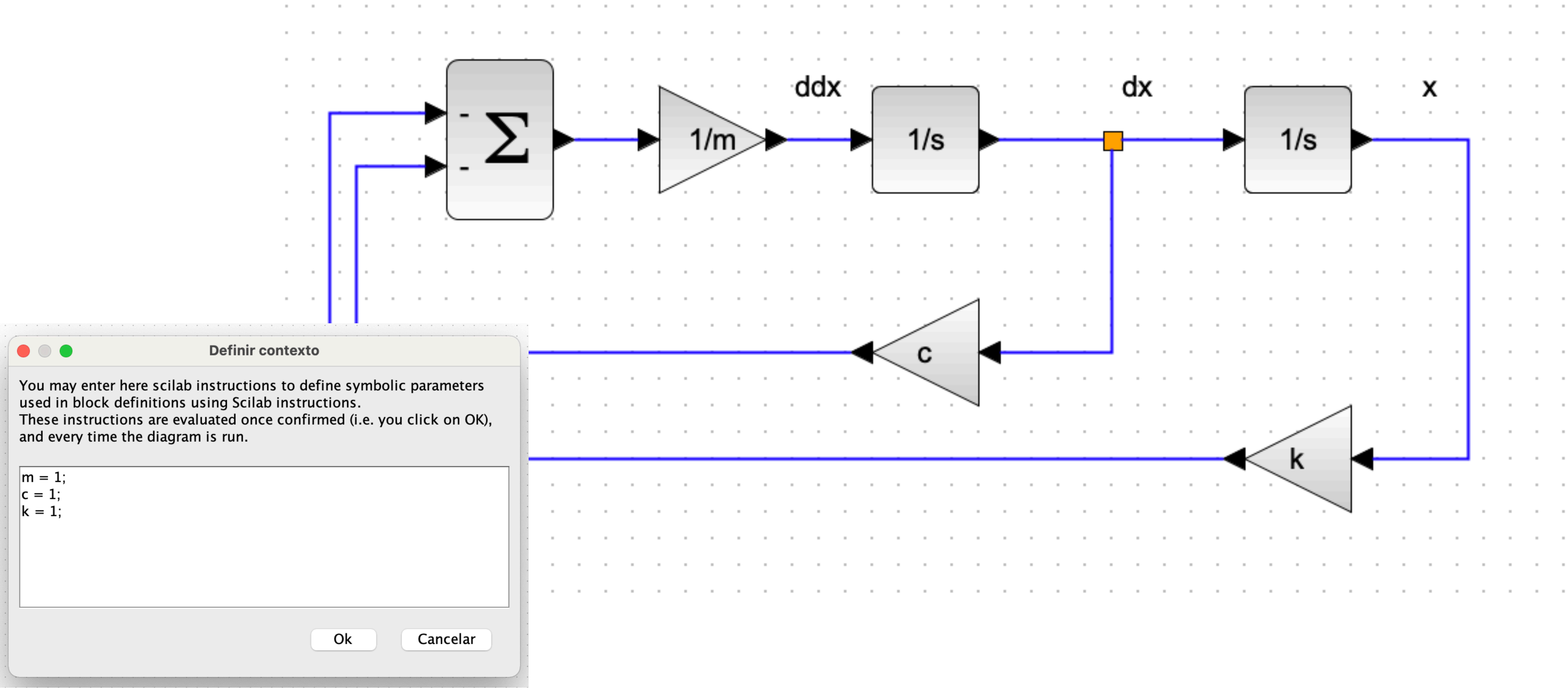
$$k = 4\pi^2 m f_n^2 = 39{,}47\mathrm{N/m}$$

$$\zeta = ?$$

$$c_c = 2\sqrt{km} = 2m\omega_n = 12{,}56$$

$$c = \zeta c_c = \zeta 2\sqrt{km} = 12{,}56\,\zeta$$

Diagrama de blocos



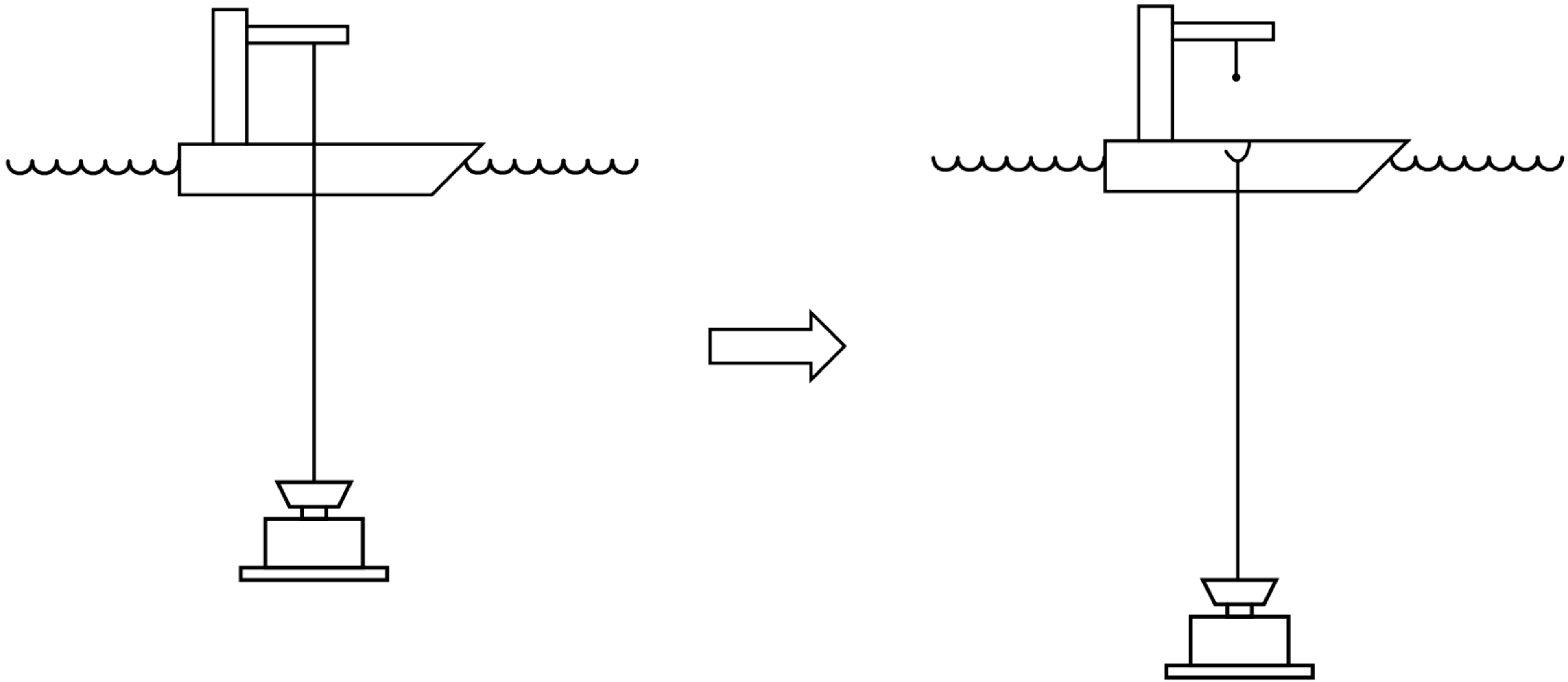
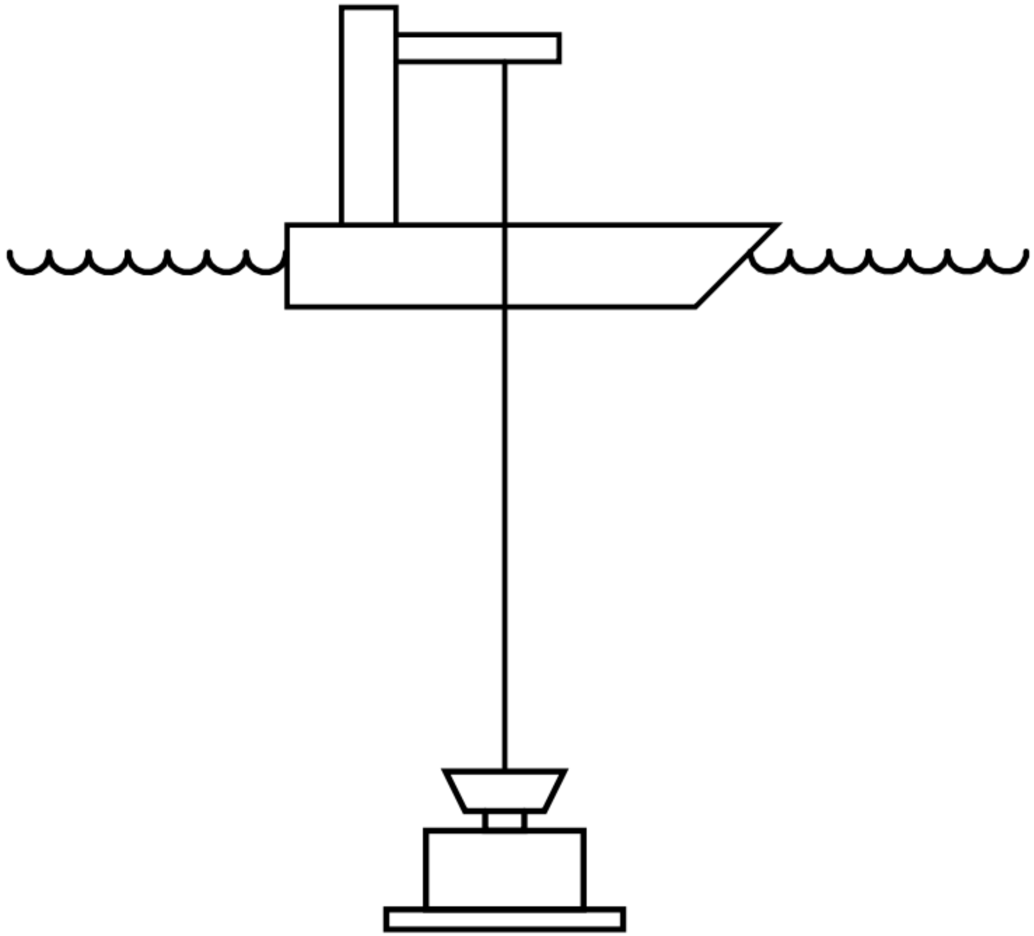
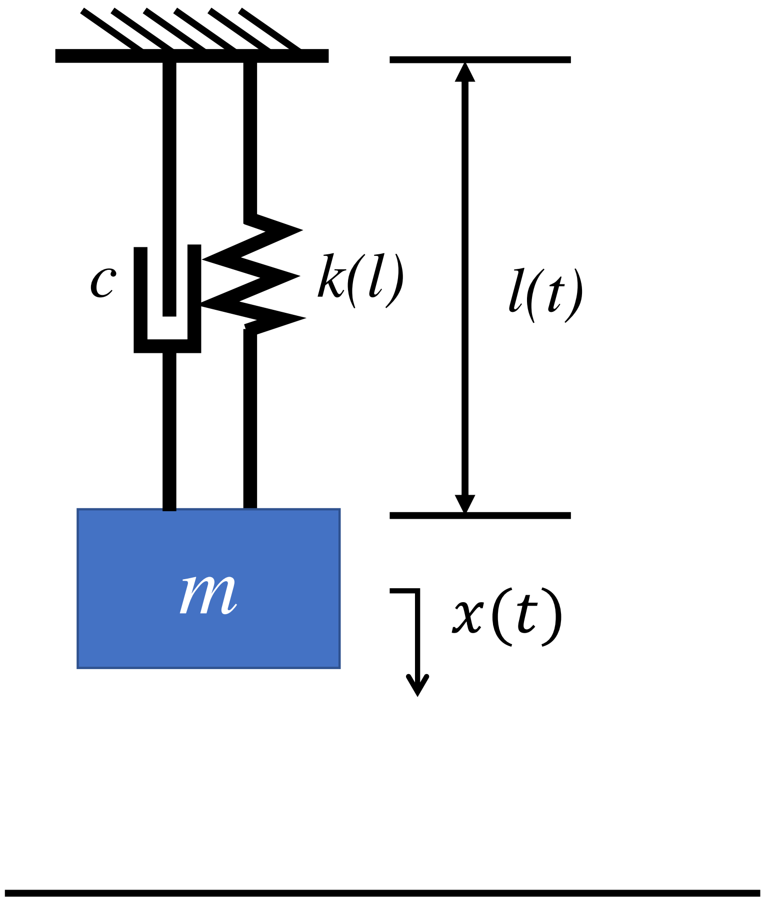


Figura 1.5: Instalação de equipamento submarino por múltiplas lingas.



Modelagem do manifold “em ar”



$$m = 100.000 \text{ kg} \qquad D = 0{,}04\text{m}$$

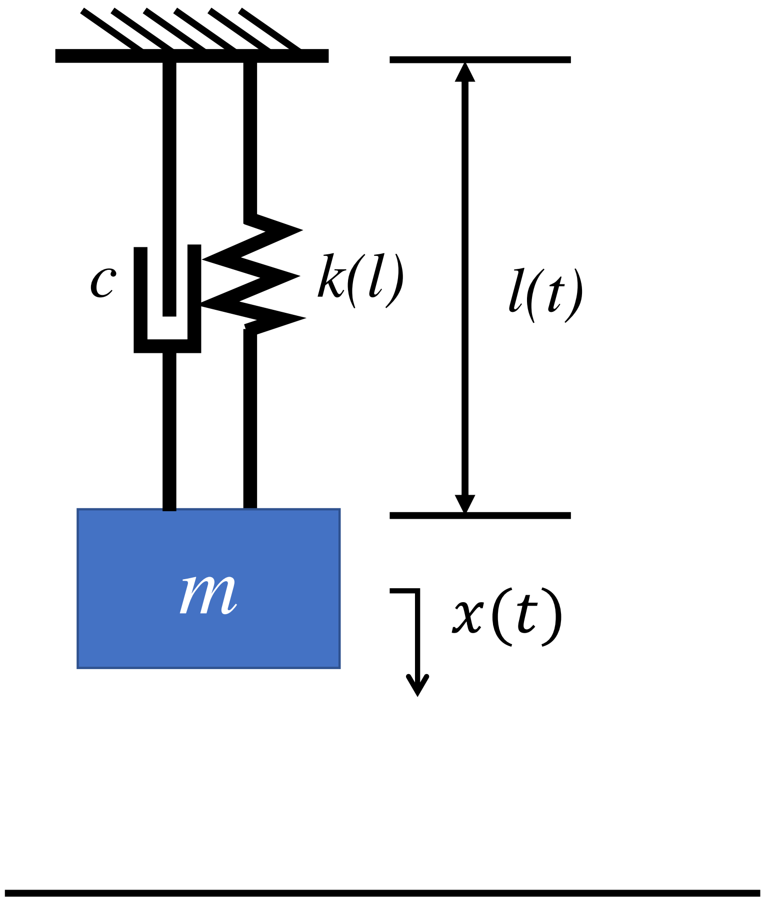
$$L = 3.000 \text{ m}$$

$$k(l) = \frac{AE}{l} \qquad A = \frac{\pi D^2}{4}$$

Considerando apenas a massa no equipamento

$$f_n = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{AE}{lm}}$$

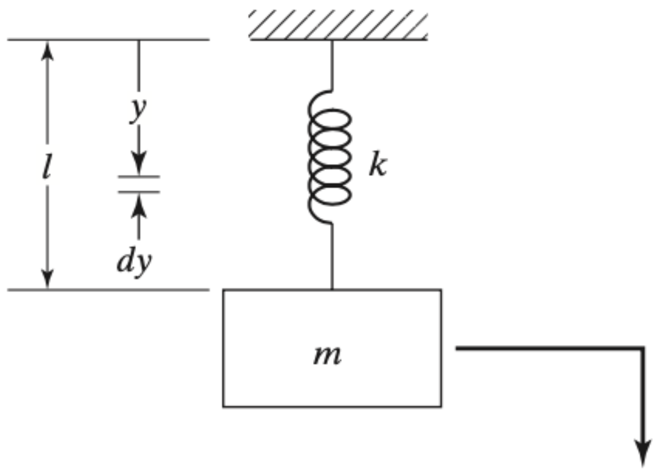
Modelagem do manifold “em ar”



Mas o cabo de aço também contribui com sua massa.

$$m_c(l) = \rho_c A l$$

Contribuição da massa da mola



$$x(t) = X \cos \omega_n t$$

$$dT_s = \frac{1}{2}\left(\frac{m_s}{l}dy\right)\left(\frac{y\dot{x}}{l}\right)^2$$

$$T = T_m + T_s$$

$$= \frac{1}{2}m\dot{x}^2 + \int_{y=0}^{l} \frac{1}{2}\left(\frac{m_s}{l}dy\right)\left(\frac{y^2\dot{x}^2}{l^2}\right)$$

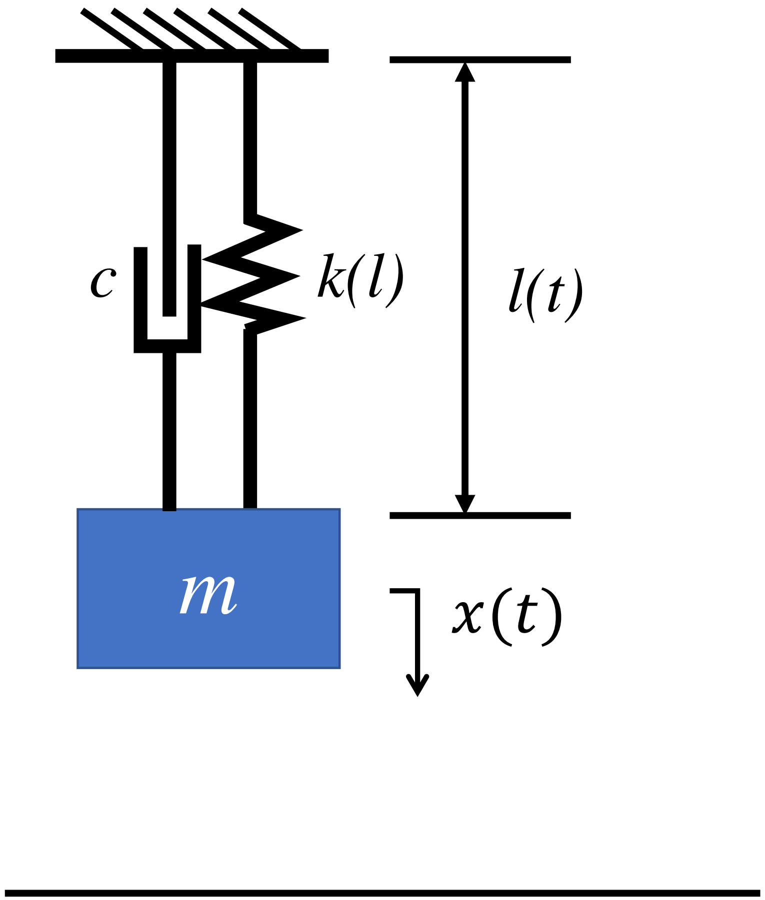
$$= \frac{1}{2}m\dot{x}^2 + \frac{1}{2}\frac{m_s}{3}\dot{x}^2$$

$$T_{\max} = \frac{1}{2}\left(m + \frac{m_s}{3}\right)X^2\omega_n^2$$

$$U_{\max} = \frac{1}{2}kX^2$$

$$\omega_n = \left(\frac{k}{m + \frac{m_s}{3}}\right)^{1/2}$$

Modelagem do manifold “em ar”



Mas o cabo de aço também contribui com sua massa.

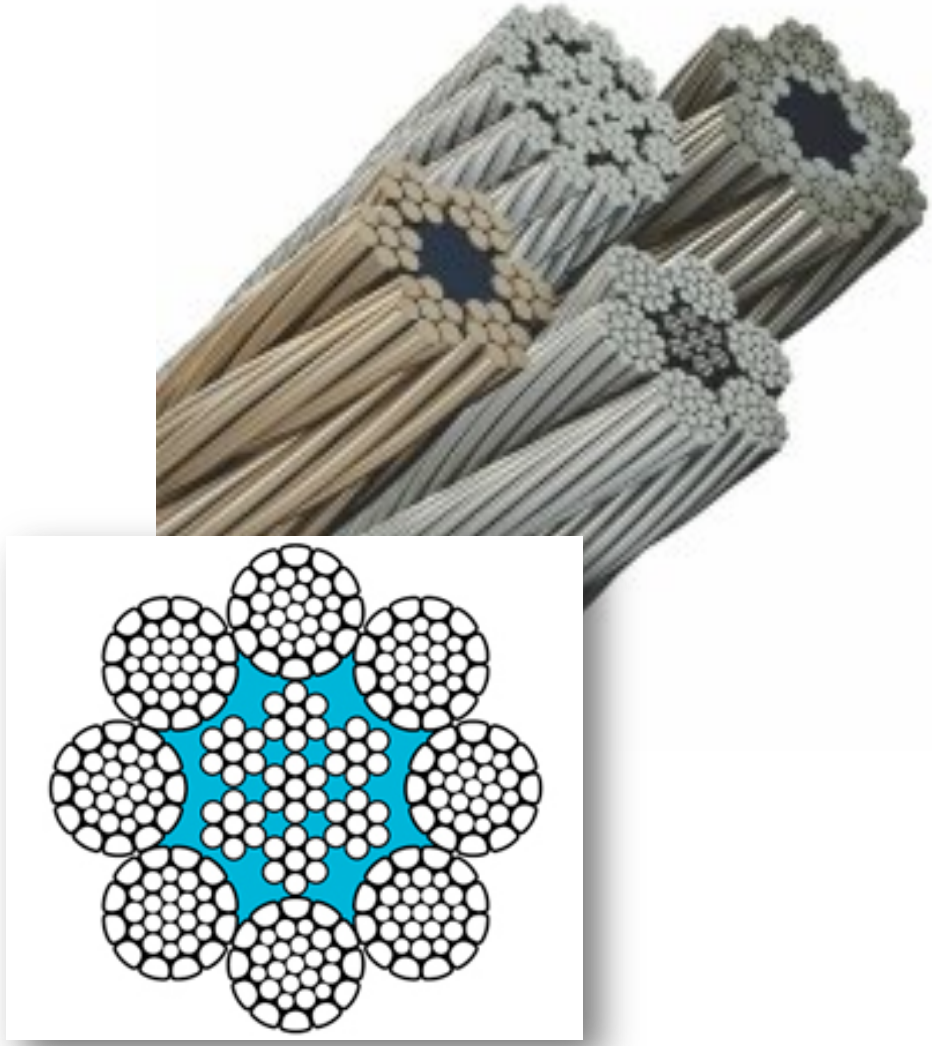
$$m_c(l) = \rho_c A l$$

A frequência natural considerando a massa do equipamento e a massa do cabo...

$$f_n = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{AE}{l\left(m + \frac{\rho_c A l}{3}\right)}}$$

Cabo de aço

- Redução do módulo de elasticidade em relação a uma peça sólida.



Módulo de elasticidade do cabo

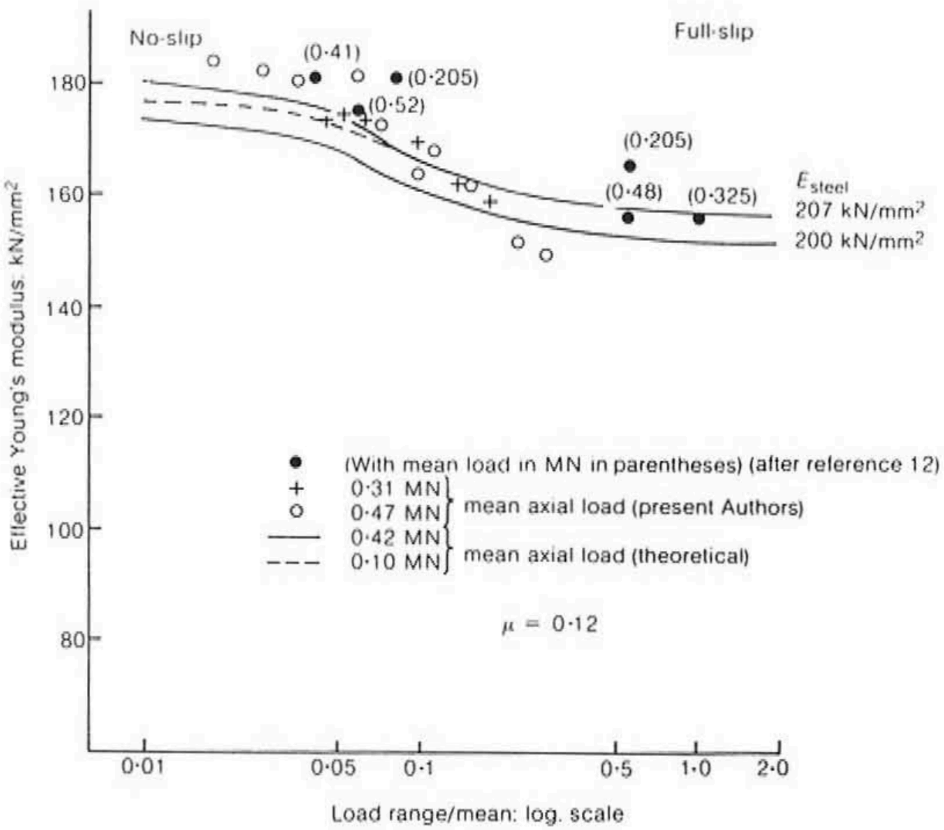


Fig. 3. Axial stiffness results for 39 mm OD strand

$$E_{aço} = 200\text{GPa}$$

$$E_{cabo} = 160\text{GPa}$$

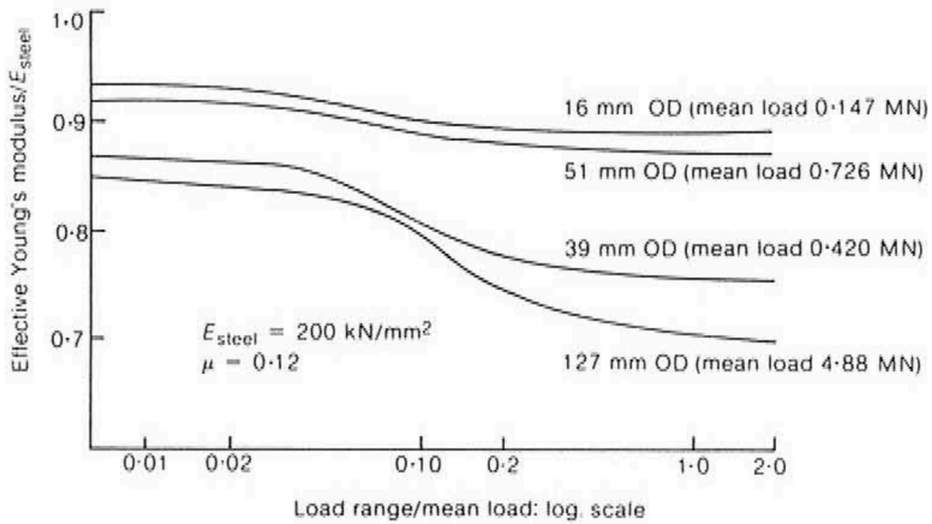
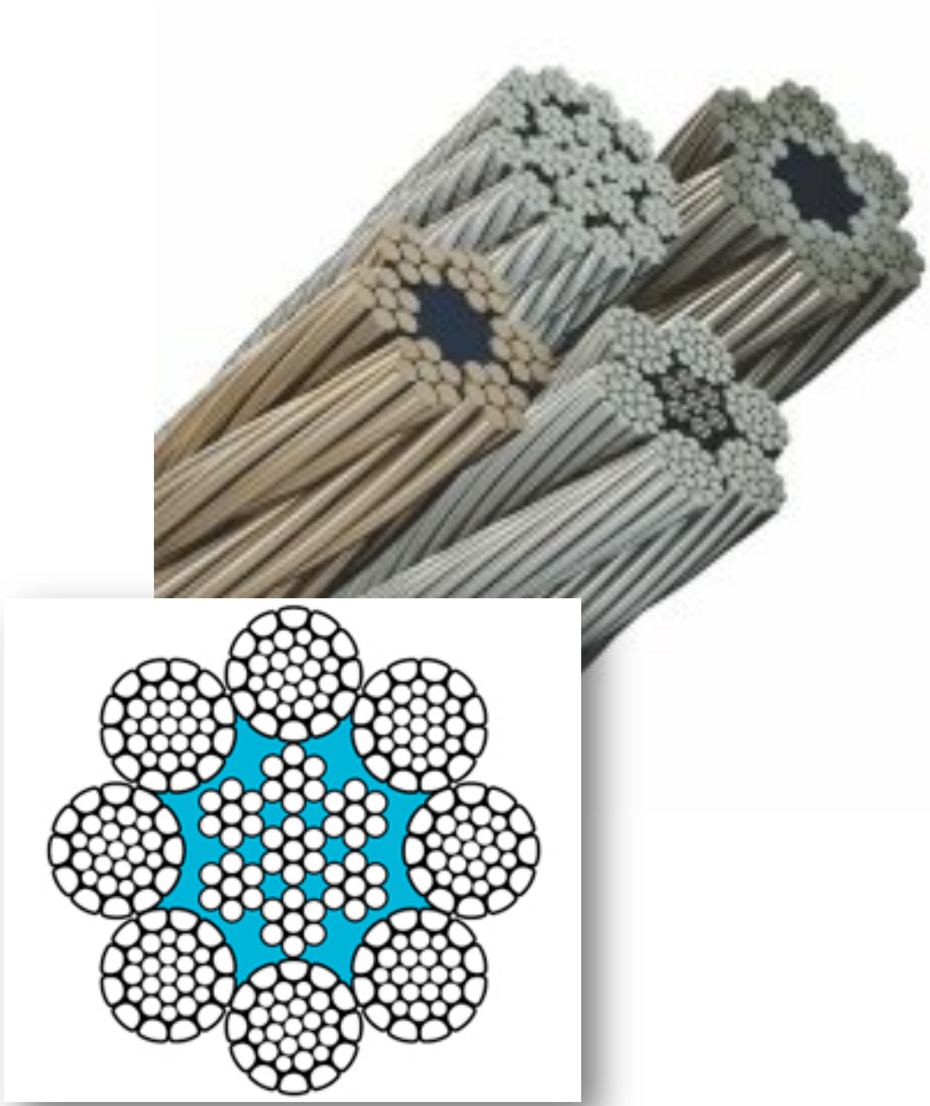


Fig. 4. Axial stiffness results for various cable constructions

Cabo de aço

- Amortecimento histerético: dissipação por atrito nos elementos dentro do cabo
  - Entre fios (domina para grandes cargas)
  - Dentro dos fios sólidos (domina para pequenas cargas)
- Combinação de amortecimento viscoso e de Coulomb (seco)



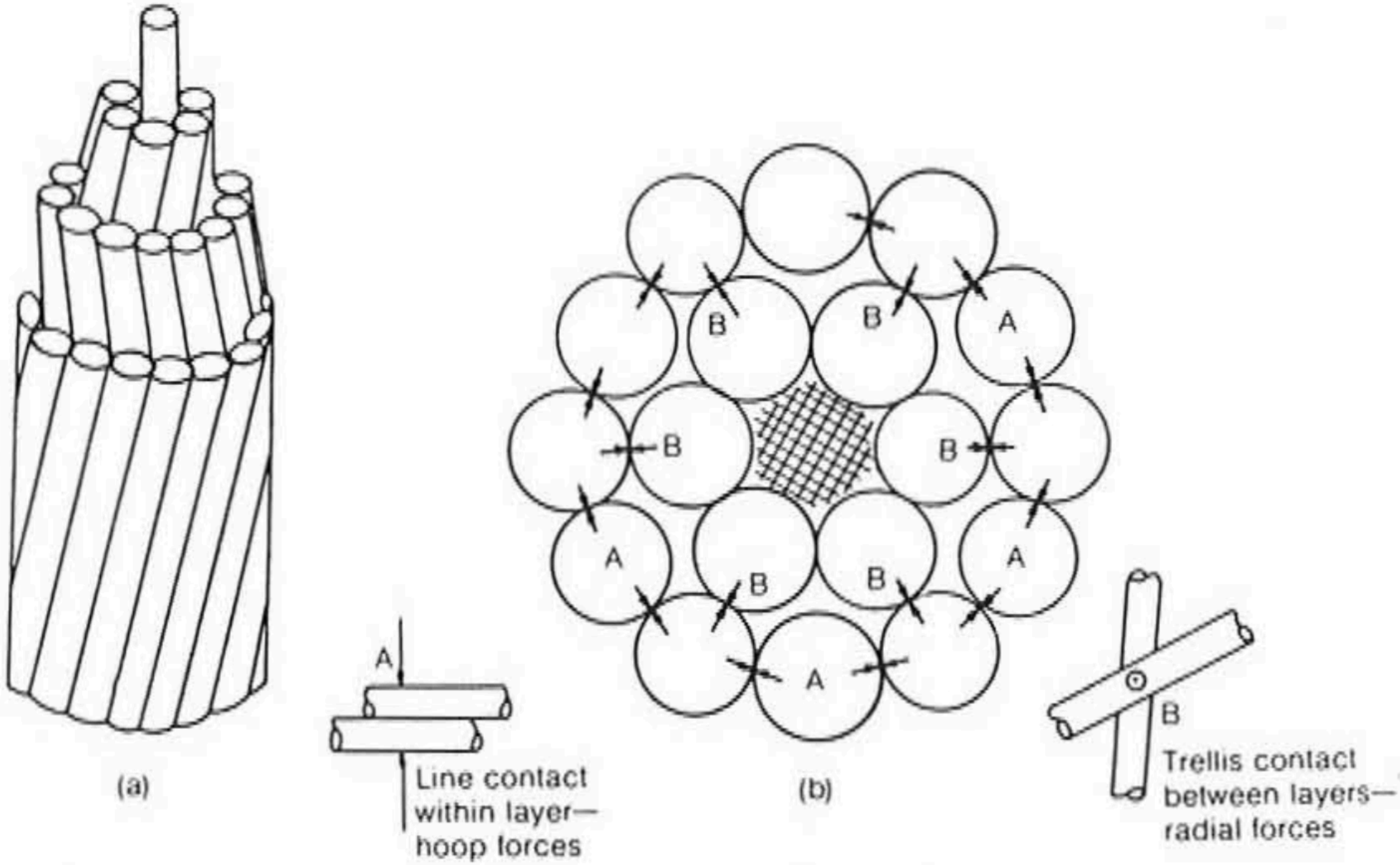


Fig. 1. Interwire contact forces in a multi-layered strand

Amortecimento histerético do cabo

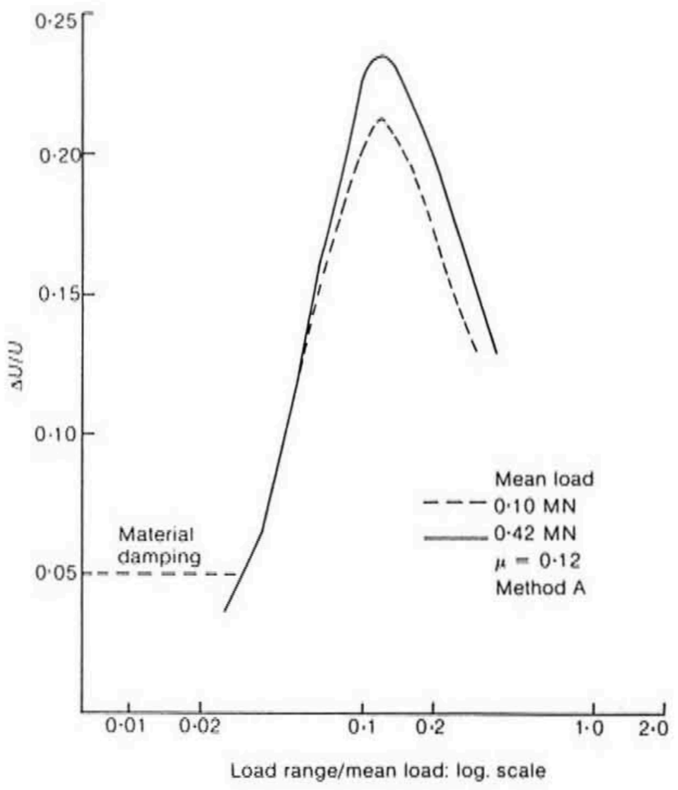


Fig. 8. Axial energy dissipation in the 39 mm OD strand—effect of mean axial load

$$U_{max} = \frac{1}{2}kX^2$$

$$\Delta U = \pi\omega c X^2 = \pi h X^2$$

$$h = \frac{\Delta U}{U}\frac{k}{2\pi}$$

$$c = \frac{\Delta U}{U}\frac{k}{4\pi^2 f}$$

Constante de amortecimento histerético

$$c = \frac{h}{\omega}$$

Amortecimento é inversamente proporcional à frequência

Trabalho de Dinâmica – Parte 1

Considerando a manobra de lançamento vertical de um manifold submarino, apresente:

- Um gráfico da frequência natural do sistema não amortecido em ar em função do comprimento do cabo.
  - Considere a massa do manifold, a massa do cabo e a rigigez do cabo.
- Um gráfico da tensão no topo do cabo em função do comprimento do cabo.

$m = 100.000 \text{ kg}$ $\qquad$ $D = 0{,}04\text{m}$

$L = 3.000 \text{ m}$ $\qquad$ $E_{cabo} = 160\text{GPa}$