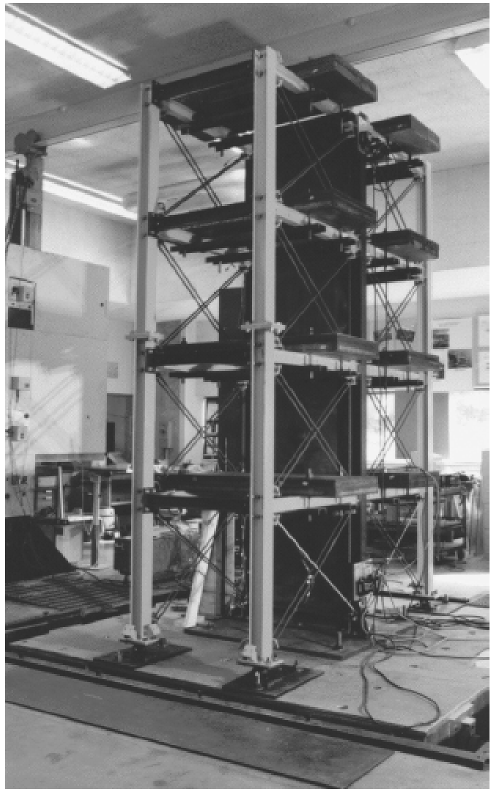
VIBRAÇÕES EM ESTRUTURAS DE AÇO

Zacarias M. Chamberlain Pravia (Ver. 2020)



Zacarias Chamberlain 2020

ASCE AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS
SEI ASCE STRUCTURAL ENGINEERING INSTITUTE
PROFESSIONAL AISC MEMBER
SSRC FOUNDED 1944
CBCA Centro Brasileiro da Construção em Aço

Zacarias Chamberlain 2020

CONTEÚDO

CONTEÚDO

CONTEÚDO

3 – Problemas dinâmicos nas estruturas de aço e soluções

3.1 – Vibrações induzidas por equipamentos rotativos

3.2 – Vibrações induzidas pelo vento

3.3 – Vibrações produzidas por movimento humano (ginásios, passarelas, pisos)

3.4 – Vibrações produzidas na construção civil

5.6 - Medições de frequências naturais.

4 – Medição de frequências Naturais (aula prática)

REFERÊNCIAS

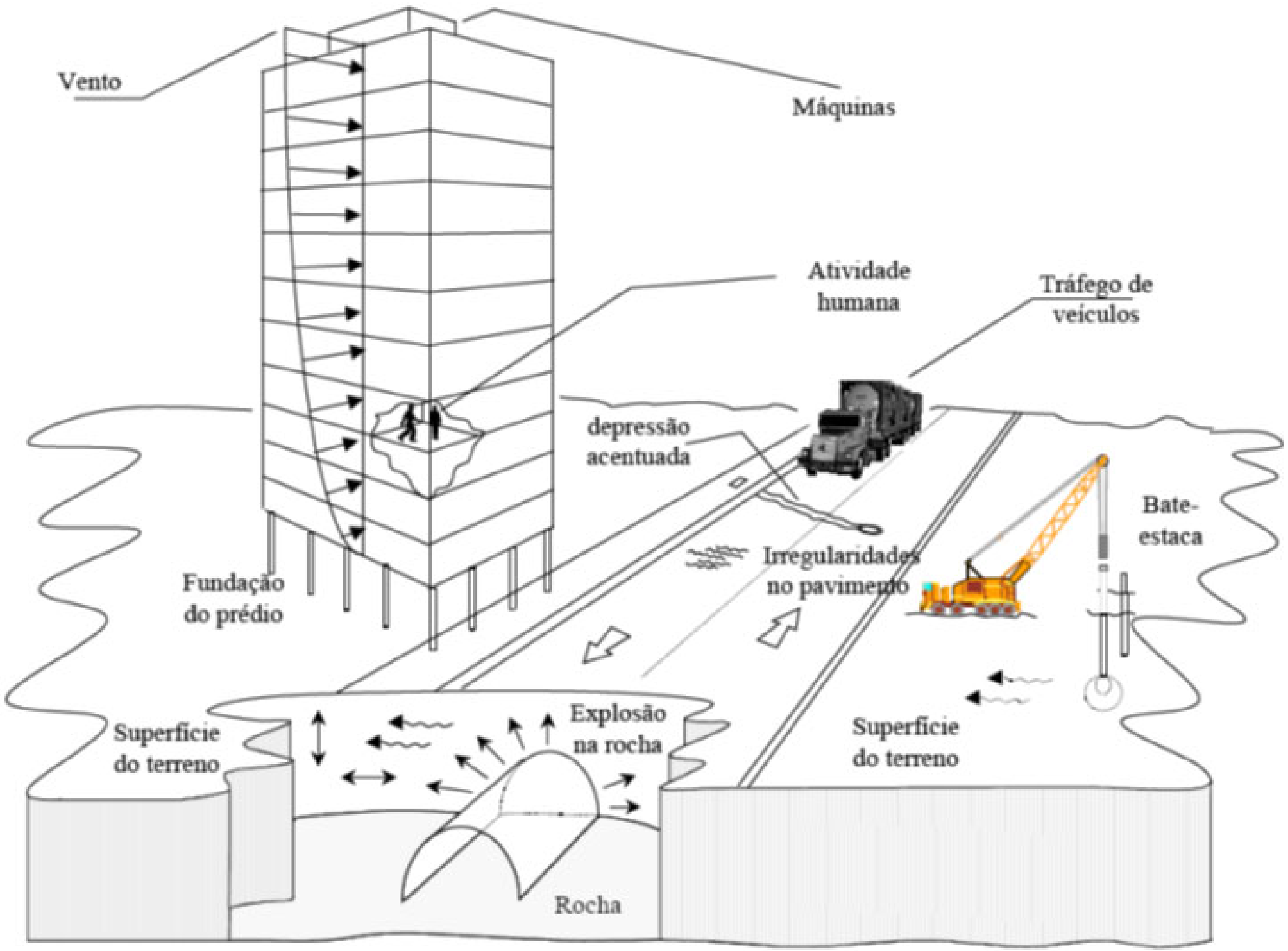
[1] BRASIL, R., SILVA, M.A., **Introdução à dinâmica das estruturas para Engenharia Civil**, 2ª edição, Editora Edgar Blucher, 2017.

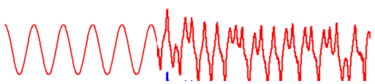
[2] SORIANO, H. LIMA, **Introdução à dinâmica das estruturas**, ELSEVIEAR Editora Limitada, 2014.

[3**] Vibrações em Pavimentos: Recomendações Técnicas de Projecto**, RFS2-CT-2007-00033

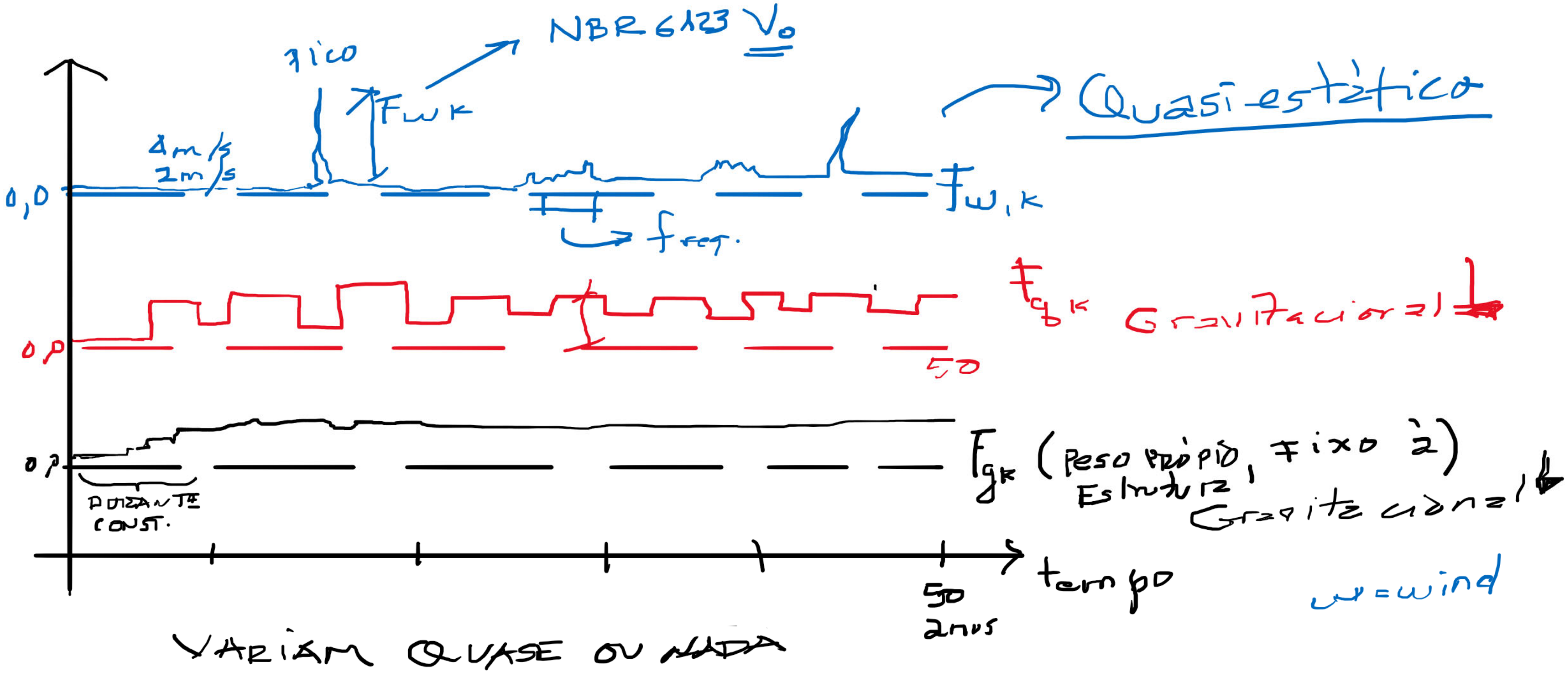
[[4] Murray et al, ***Vibrations of Steel-Framed Structural Systems Due to Human Activity,*** *Second edition, AISC Design Guide, 2016.*

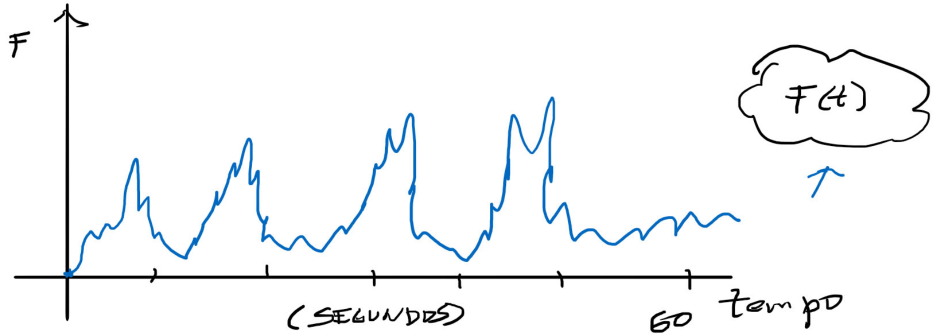
(1) PORQUÊ VIBRAÇÕES?

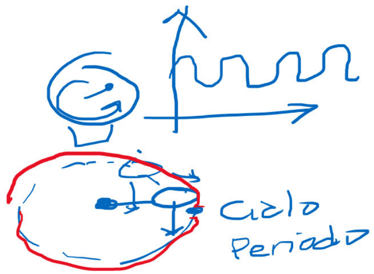


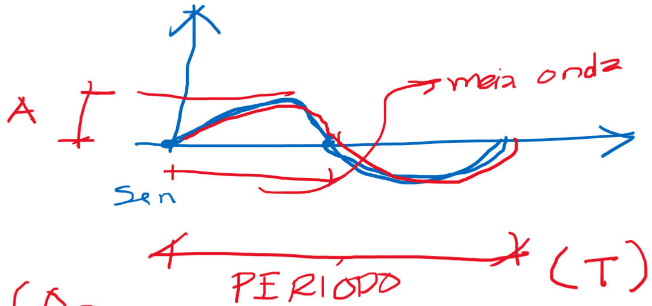


Zacarias Chamberlain 2020


NBR 6123 V_0
Pico
Fwk
4 m/s
2 m/s
0,0
$F_{w,k}$
Quasi estático
$f_{req.}$
F_{qk} Gravitacional
0,0
50
F_{gk} (peso próprio, fixo à Estrutura, Gravitacional)
0,0
DURANTE CONST.
tempo
50 anos
w = wind
VARIAM QUASE OU NADA



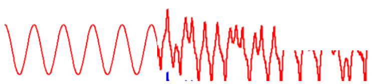


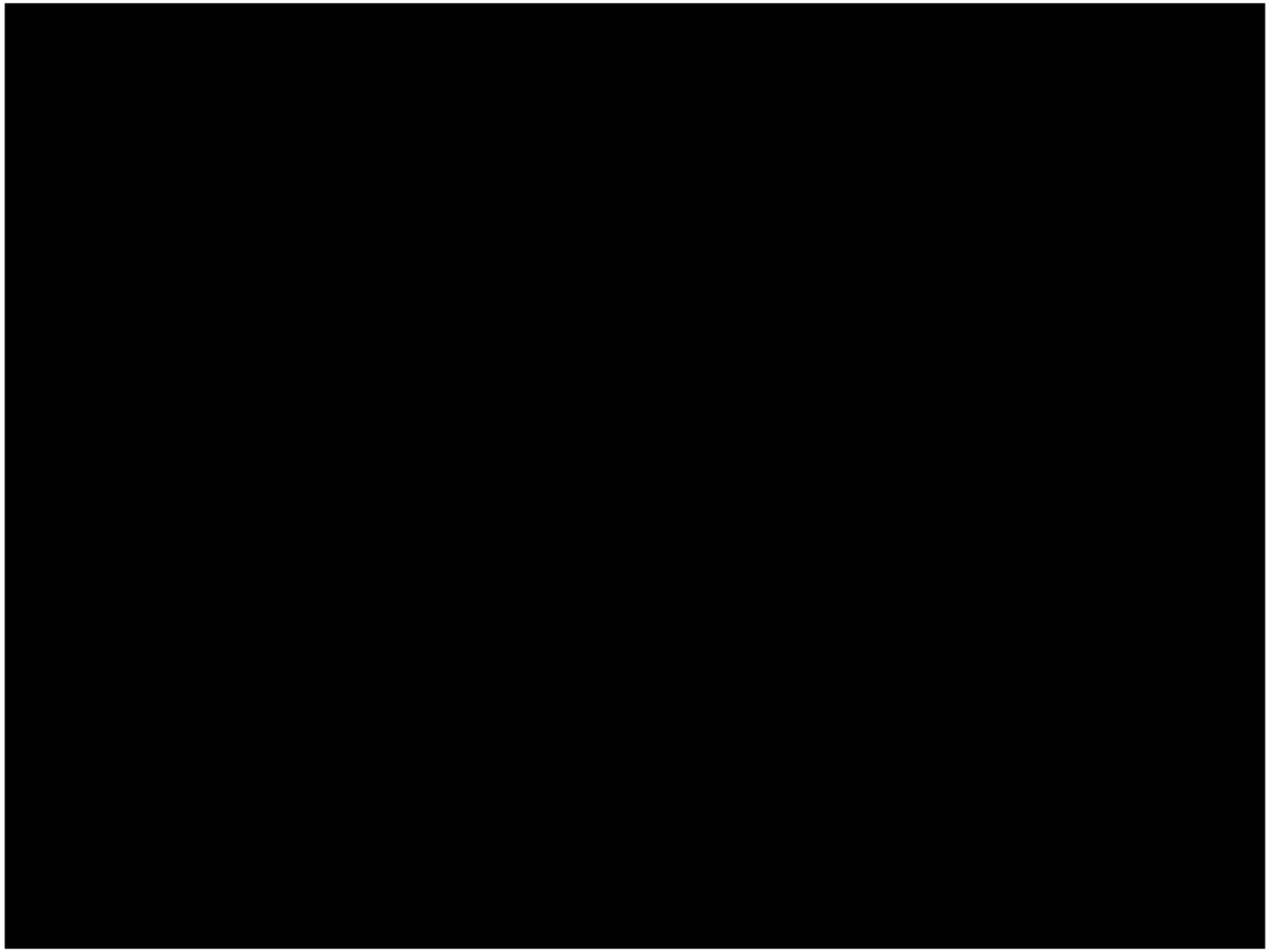


$T = 60\,seg$

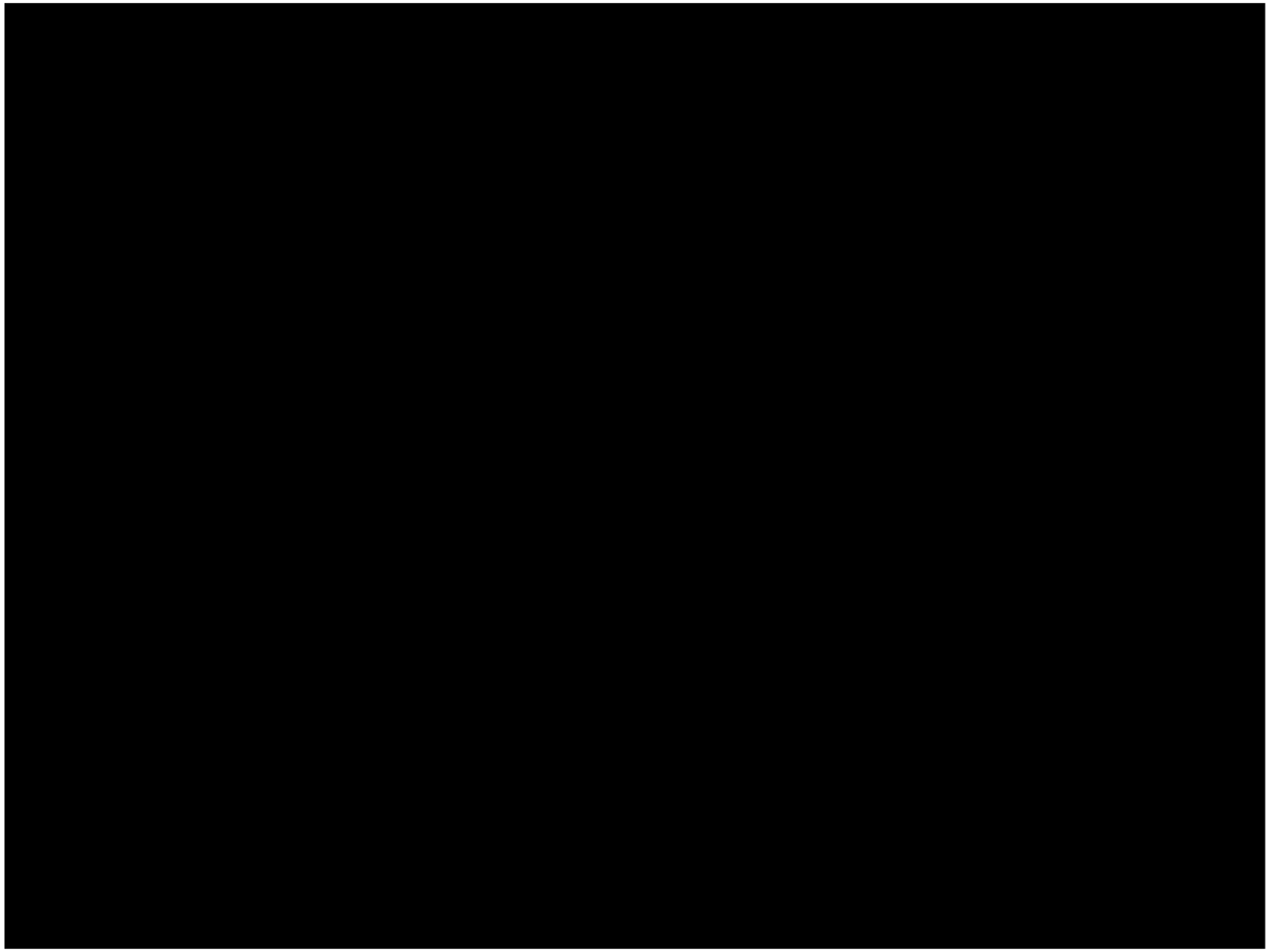
$$f = \frac{1}{T} = \frac{1\ ciclos}{60\,se} = \frac{1}{60}$$

$$\frac{1}{s} = Her$$

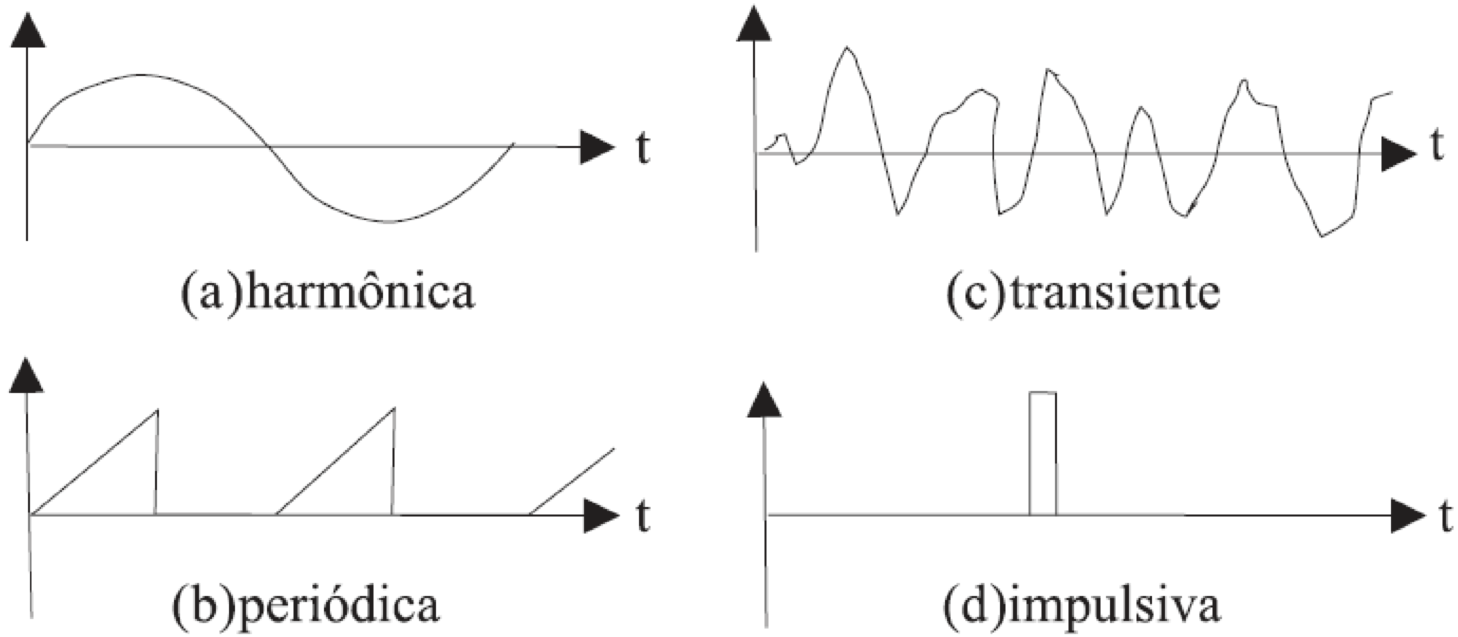




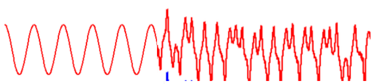
Zacarias Chamberlain 2020

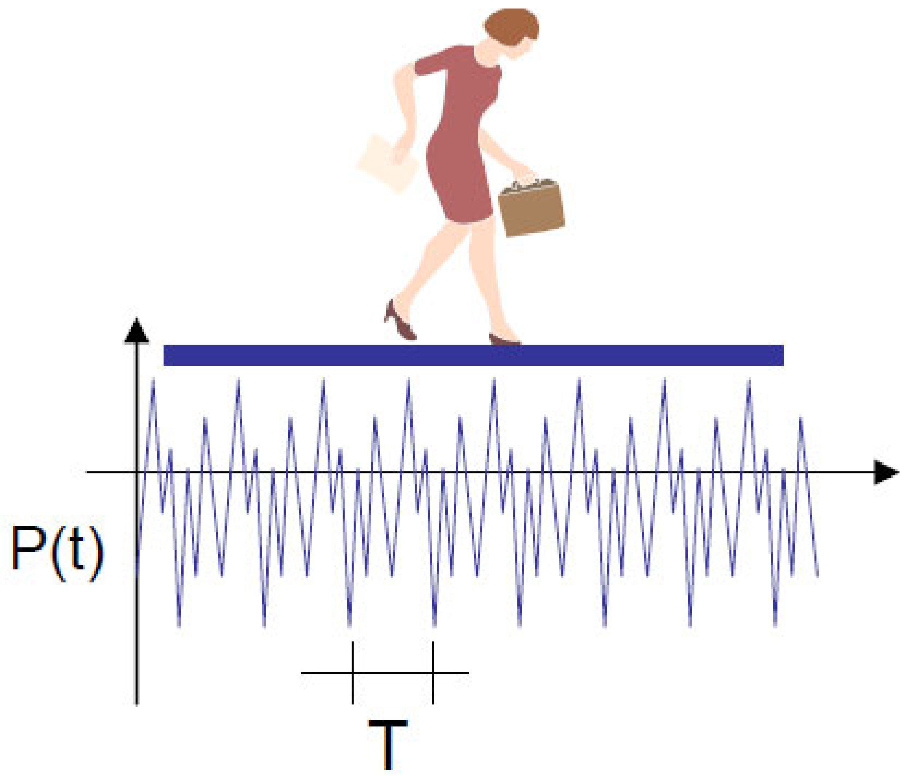


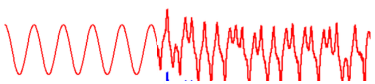
Zacarias Chamberlain 2020



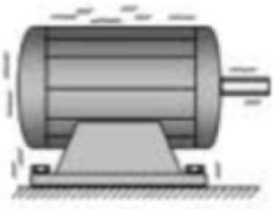
TIPOS DE CARGAS DINÂMICAS

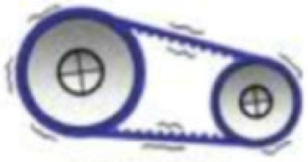


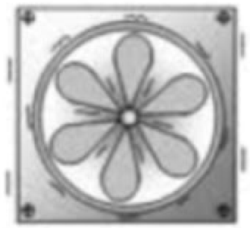




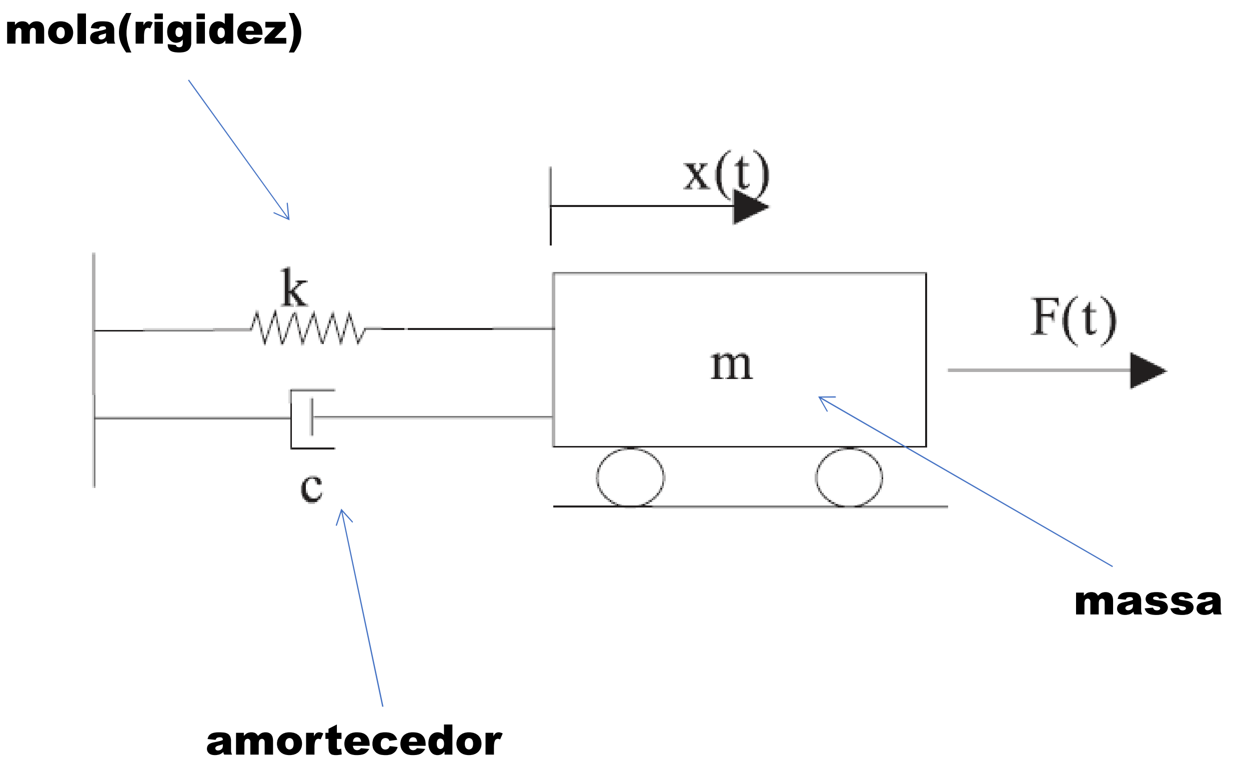
Zacarias Chamberlain 2020



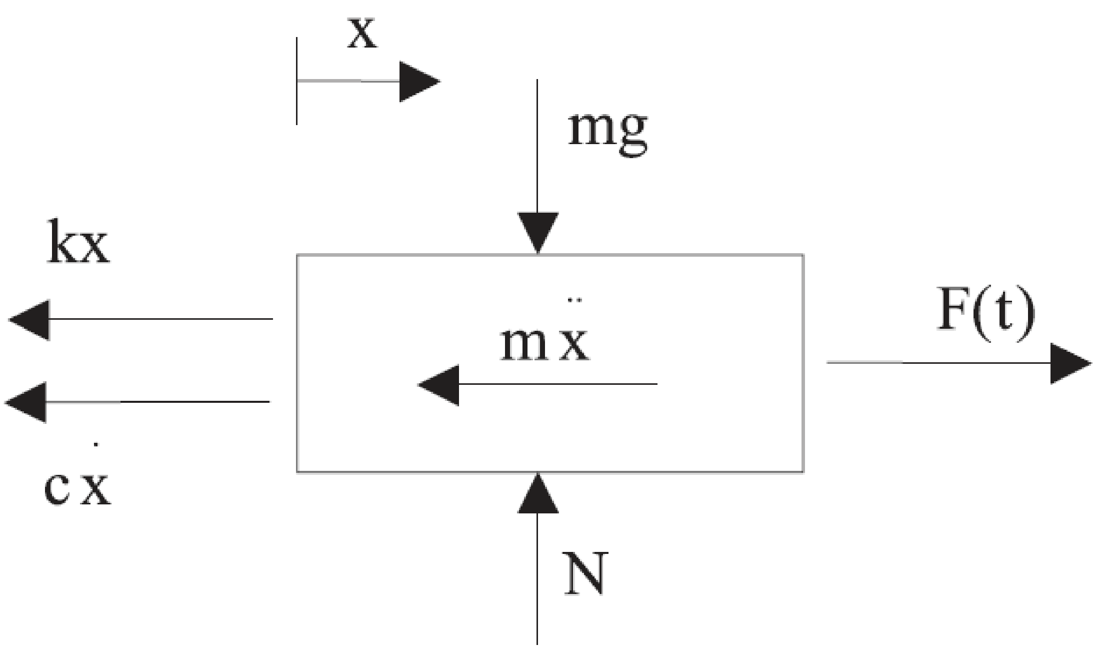




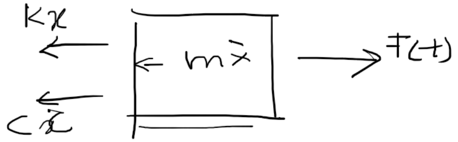
(1) SISTEMAS DE 1 GRAU DE LIBERDADE

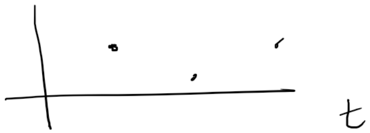


(1) SISTEMAS DE 1 GRAU DE LIBERDADE

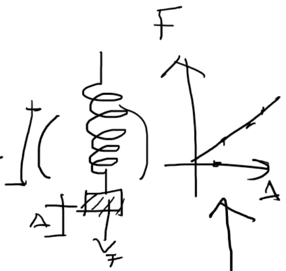


$$m\ddot{x}(t) + c\dot{x}(t) + kx(t) = F(t)$$





$x(t)$



$F = k \cdot x$

$k = \frac{F}{x}$

$K = \frac{F}{L} = FL^{-1}$

$K = \frac{N}{mm}$

$$\frac{dx(t)}{dt} = v = \dot{x}$$

$$\frac{d^2 x(t)}{dt} = a = \ddot{x}$$

EQ. EQ. DINÂMICA

$m\ddot{x} + c\dot{x}\ kx = F(t)$

$kx = F$

EQ. ESTÁTICA

T

S $\quad \sigma = \frac{P}{A}$

$\varepsilon = \frac{\delta}{L}$

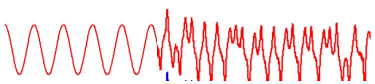
$\sigma = E \cdot \varepsilon \Rightarrow \frac{P}{A} = E \cdot \frac{\delta}{L}$

$$\delta = \frac{PL}{EA}$$

$F = k \cdot x$

$x = \frac{F L}{EA}$

$F = \frac{EA}{L} x$ → Yigidez Axial



Zacarias Chamberlain 2020

Vibrações Livres

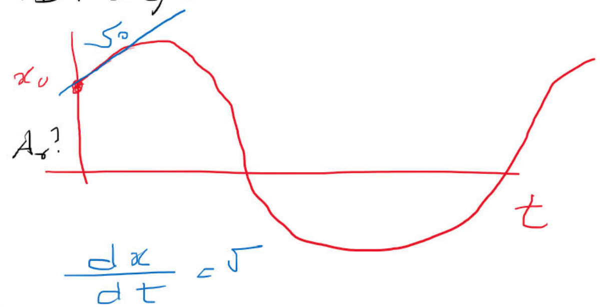
sem amor

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = F(t) \rightarrow 0$$

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

V_0

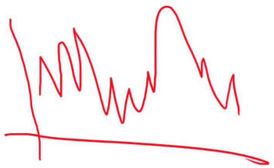
x_0



$$p = \frac{k}{m}$$

$$\ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0$$

$$\rightarrow \ddot{x} + px = 0 \quad \text{Eq. 2 grau}$$



Fourier

Series

$$x = A\,sen(ct) \qquad \dot{x} = Ac\cos(ct) \qquad \ddot{x} = -Ac^2\,sen(ct)$$

$$-Ac^2\,sen(ct) + pA\,sen(ct) = 0$$

$$-c^2 + p = 0 \quad \therefore c^2 = p$$

$$c = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

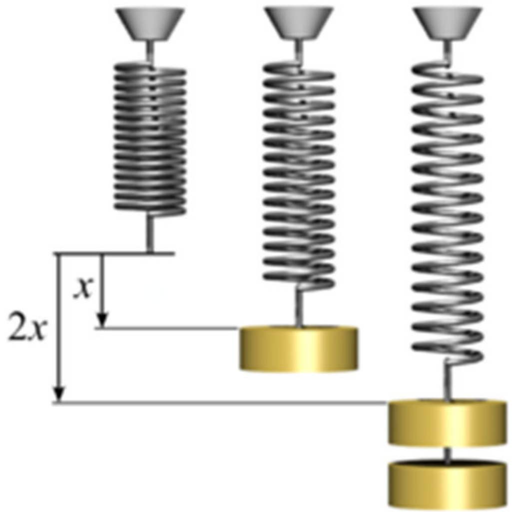
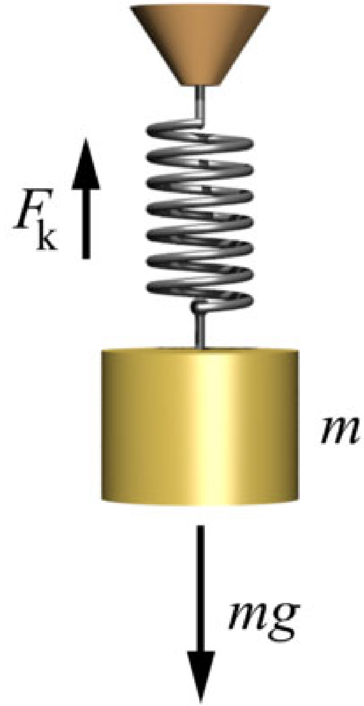
ω = freq. angular

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

k ← rigidez

m ← massa

Zacarias Chamberlain 2020


x
2x

F_k
m
mg

(1) SISTEMAS DE 1 GRAU DE LIBERDADE

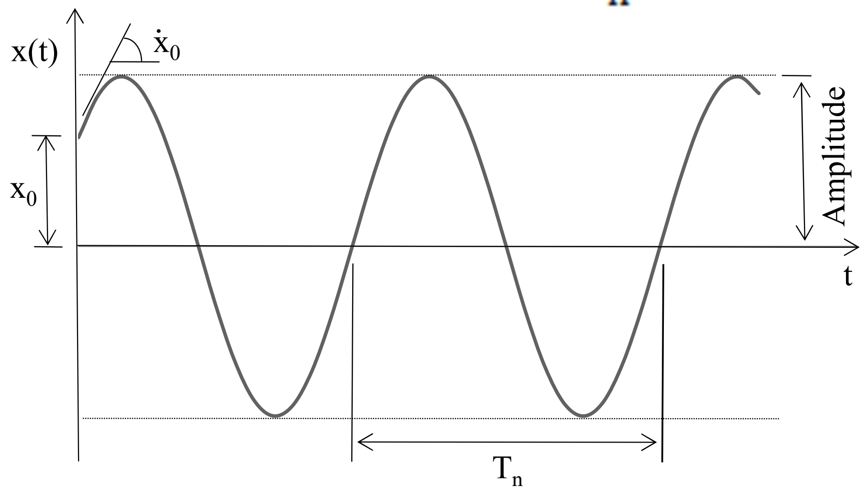
VIBRAÇÃO LIVRE

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}}$$ **Freqüência Circular**

$$T_n = \frac{2\pi}{\omega_n}$$ **Período Natural**

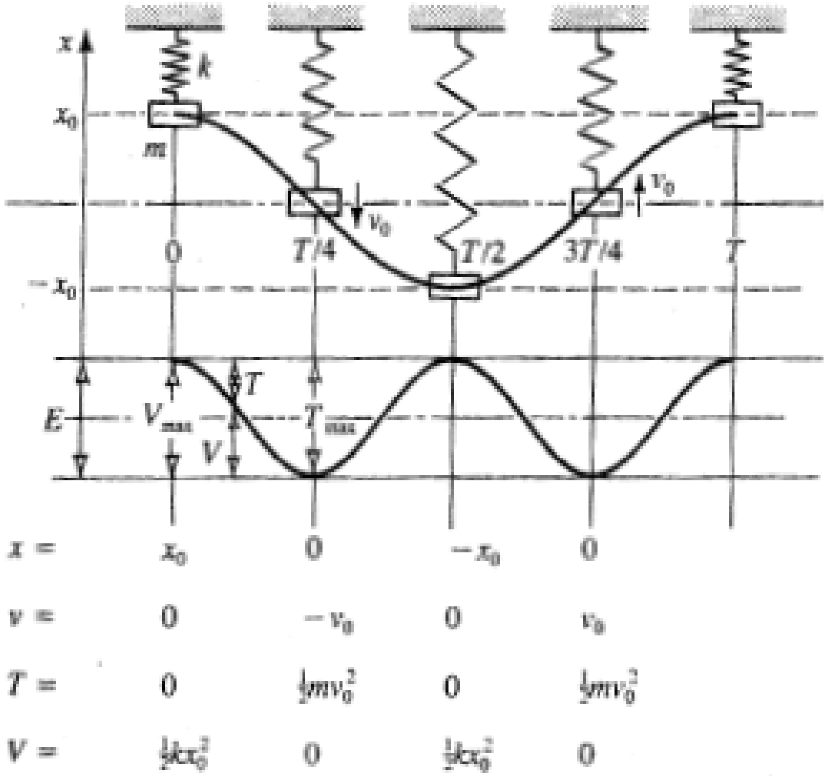
$$f_n = \frac{1}{T_n} = \frac{\omega_n}{2\pi}$$ **Freqüência Natural**

$$x(t) = x_0 \cos(\omega_n t) + \frac{\dot{x}_0}{\omega_n} \operatorname{sen}(\omega_n t)$$



Zacarias Chamberlain 2020

R #rvflodgruqflr dp ruwhflgr p rwudgr qd iljxud whp #xp d dp solwxgh#{$_3$ 1#
D #srvlfflr p rwud xp #flfor lqwhlur frp #txdwur whp srv#gh#W 27/#
d htxdfflr gh#p rylp hqwr +#gdgd#sru [#@#{$_3$ frv+z #w,1#



Exemplo 1.1: Calcular a freqüência natural da viga simplesmente apoiada de vão l = 6,0m, mostrada na Figura E1.1, supondo em sua seção central um equipamento com massa de m = 760 kg e que seu peso próprio seja desprezível para este problema. A viga é composta por um perfil de aço, de módulo de elasticidade E=205GPa, com momento de inércia I=12258cm^4.

(7.44kN)(600)^2 / (48*20500kN/cm^2*12258cm^4)=0,13cm

Solução:

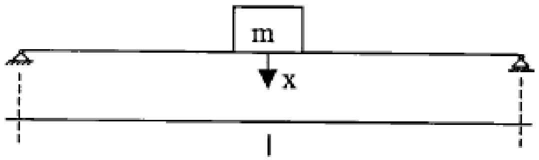
O deslocamento da seção média da viga devido a ação de uma força P nela aplicada é dada por: $\delta = \dfrac{Pl^3}{48EI}$.

A constante de mola equivalente é dada por:

$$k = \frac{P}{\delta} = \frac{48EI}{l^3} = 5{,}584 \cdot 10^6 \,(N/m)$$

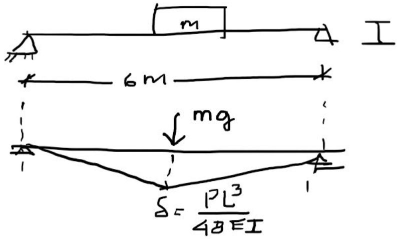
Obtendo-se para as freqüências circular e natural respectivamente:

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{5{,}584 \cdot 10^6}{760}} = 85{,}7\text{rad/s} \;;\; f_n = \frac{\omega_n}{2\pi} = 13{,}64\text{Hz}$$



Zacarias Chamberlain 2020

Freq. natural



$I = 12258\,cm^4 \rightarrow \frac{12258\,cm^4}{100^4}\,m^4$

$m = 760\,kg$

$E = 205000\,MPa = 2{,}05 \times 10^{11}\,N/m^2$ (N/m)

$K = \frac{F}{x}$

$F = mg$

$x = \delta$

$K = \frac{mg}{\frac{mg\,L^3}{(48EI)}} = \frac{48EI}{L^3} \rightarrow K = \frac{48EI}{L^3}$

$K = \frac{48(2{,}05 \times 10^{11}\,N/m^2)\,\frac{12258}{100^4}\,m^4}{(6\,m)^3}$

$K = 5584200\,N/m$

Smath

$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}}$

W310x31 (kg/m)

h

$\omega_n = \sqrt{\frac{5584200\,N/m}{760\,kg}\,\frac{1}{s^2}} = 85{,}7\,\frac{Rad}{Seg}$

+180

$\frac{N/m}{kg} = \frac{kg \cdot m/s^2/m}{kg} = \frac{1}{s^2}$

$f_n = \frac{1}{2\pi}\,\omega_n = \frac{85{,}7\,Rad/s}{2\pi\,Rad} =$

$f_n = 13{,}64\,1/s = 13{,}64\,Hz$

$f_n = 12{,}27\,Hz$

considerando massa viga

Zacarias Chamberlain 2020