



# *Introdução à Física Experimental*

Licenciatura em Física  
1º período

Aula 6: Determinação da constante de uma mola e associação em série e em paralelo de molas

*Profa Marcia Saito*

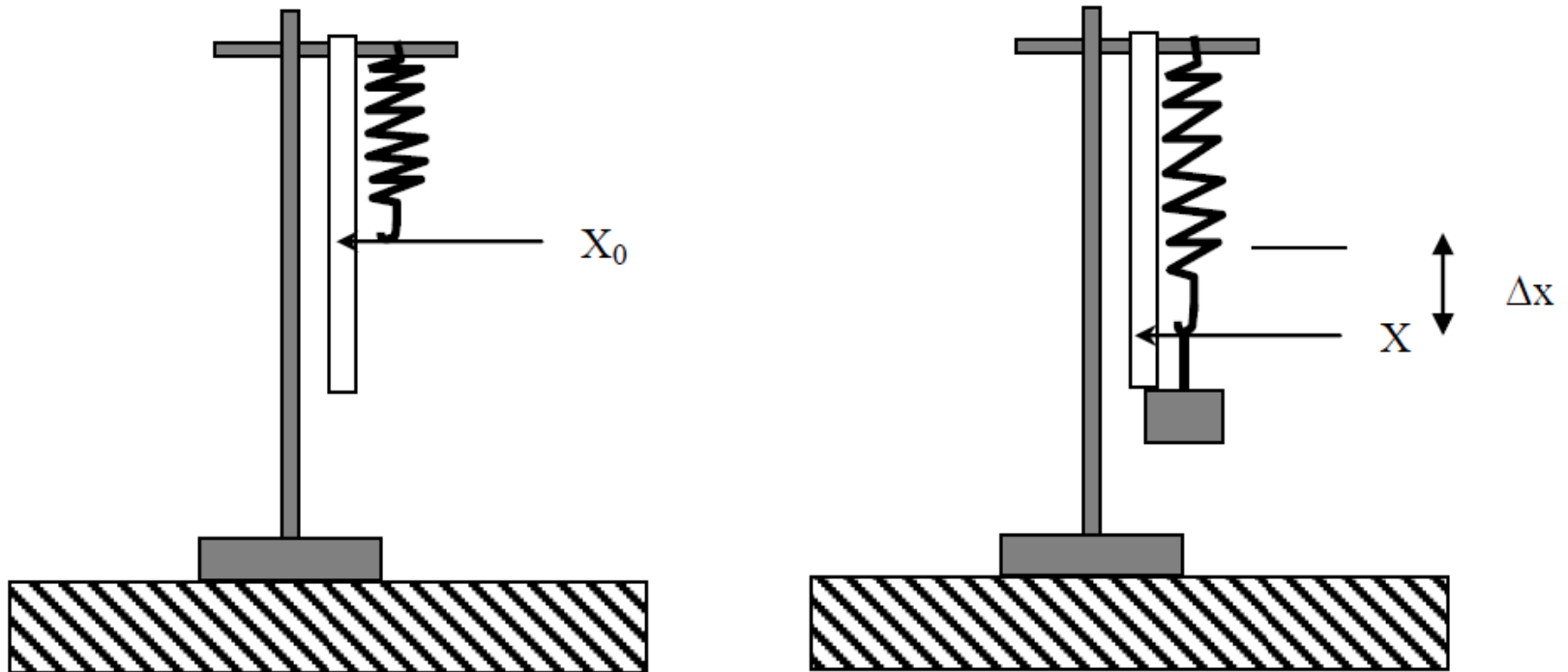
[marcia.saito@ifpr.edu.br](mailto:marcia.saito@ifpr.edu.br)

# Lei de Hooke

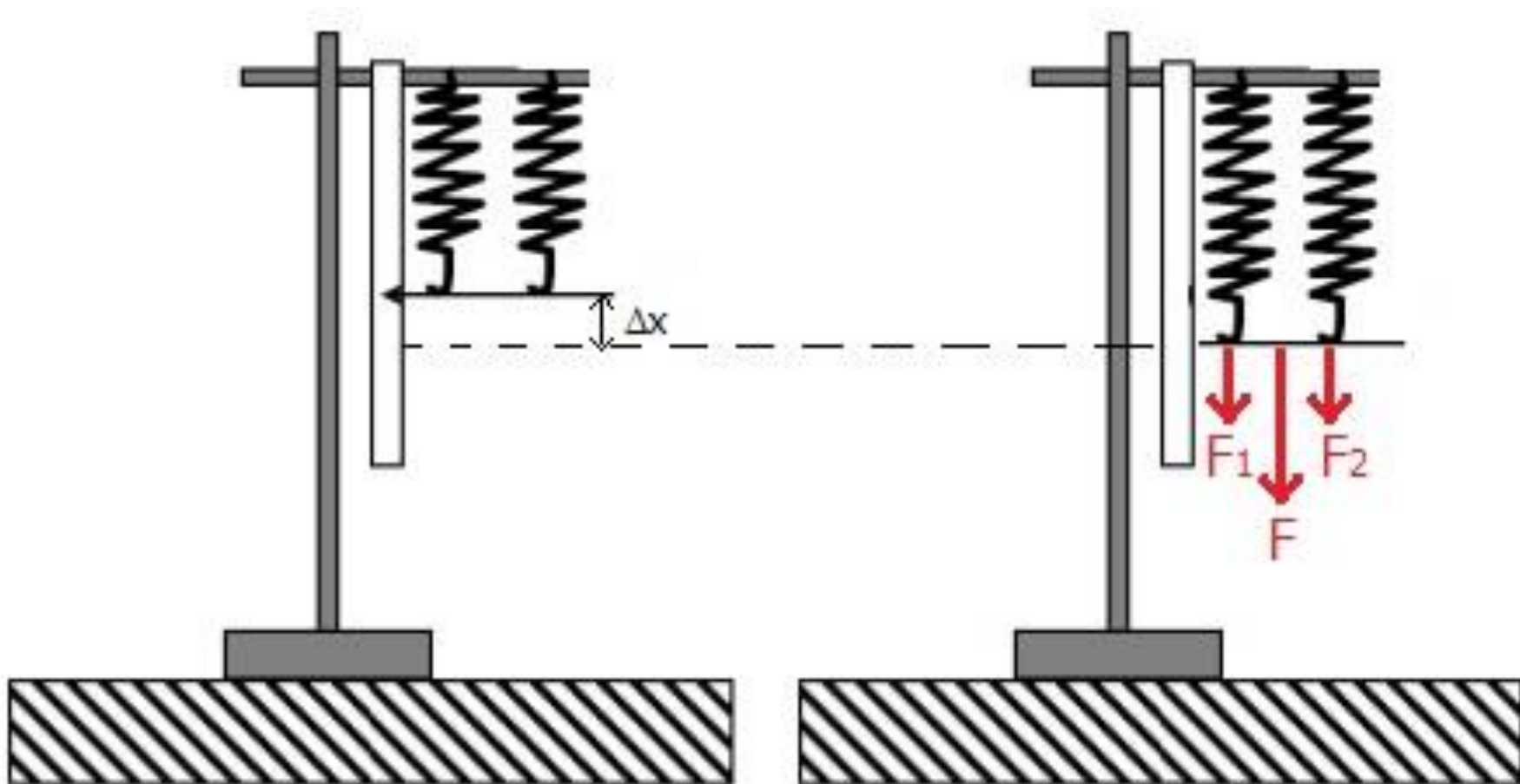
$$\blacktriangleright F = k \cdot \Delta x$$

$k$ : constante elástica da mola

$\Delta x$ : deformação sofrida pela mola



# Associação de molas em paralelo



# Associação de molas em paralelo

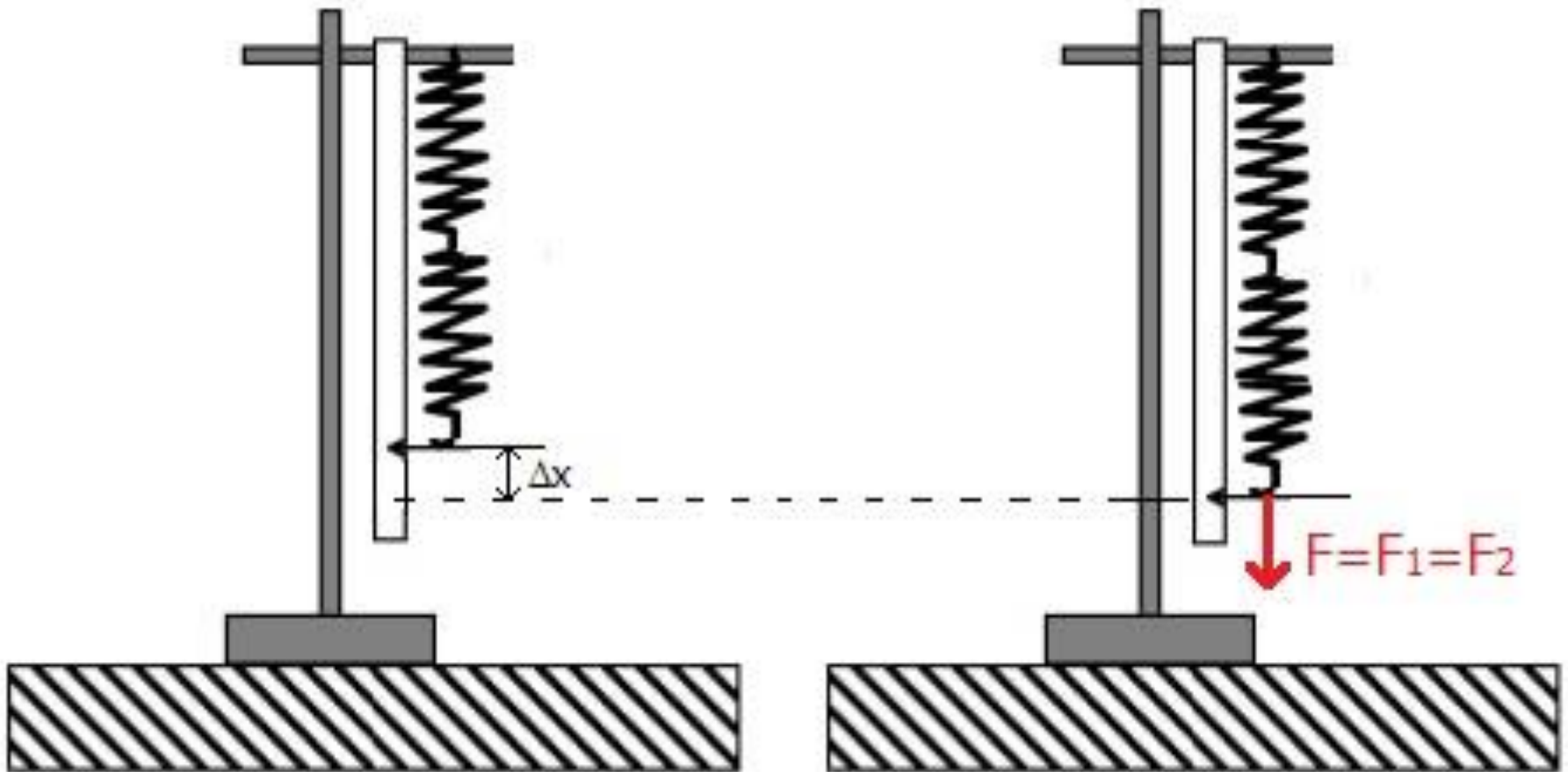
$$\blacktriangleright \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

$$\blacktriangleright F = k_1 \cdot \Delta x + k_2 \cdot \Delta x$$

$$\blacktriangleright F = \underbrace{(k_1 + k_2)}_k \cdot \Delta x$$

$$k = k_1 + k_2$$

# Associação de molas em série

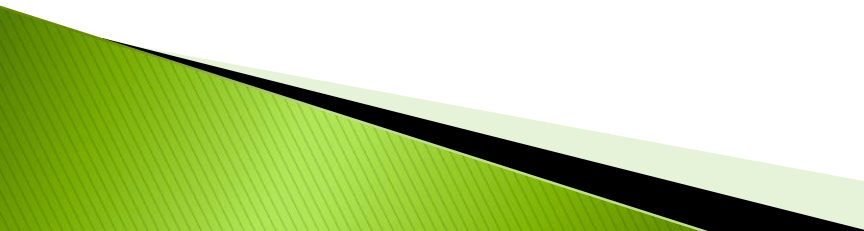


# Associação de molas em série

- ▶  $\vec{F} = \vec{F}_1 = \vec{F}_2$
- ▶  $\Delta x = \Delta x_1 + \Delta x_2$
- ▶  $\Delta x = \frac{F_1}{k_1} + \frac{F_2}{k_2} = F \left( \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} \right)$
- ▶  $\Delta x = F \left( \frac{k_1 + k_2}{k_1 k_2} \right)$
- ▶  $F = \underbrace{\left( \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2} \right)}_k \Delta x$

$$k = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}$$

# Experiência

- ▶ Parte 1: Identificar e calibrar as Molas 1 e 2
  - ▶ Parte 2: Determinar  $k$  equivalente da associação em paralelo de molas e comparar com o seu valor teórico
  - ▶ Parte 3: Determinar  $k$  equivalente da associação em série de molas e comparar com o seu valor teórico
  
  - ▶ Seguir o roteiro
- 

# Regras gerais para confecção de gráficos

- ▶ Todo gráfico é composto dos seguintes itens:
  - Título e legenda do gráfico;
  - Eixos das variáveis com os nomes das variáveis, escalas e unidades;
  - Dados experimentais e incertezas;
  - Funções teóricas ou curvas médias (esse último item é opcional e, dependendo das circunstâncias, pode ser omitido);



# Regras gerais para confecção de gráficos

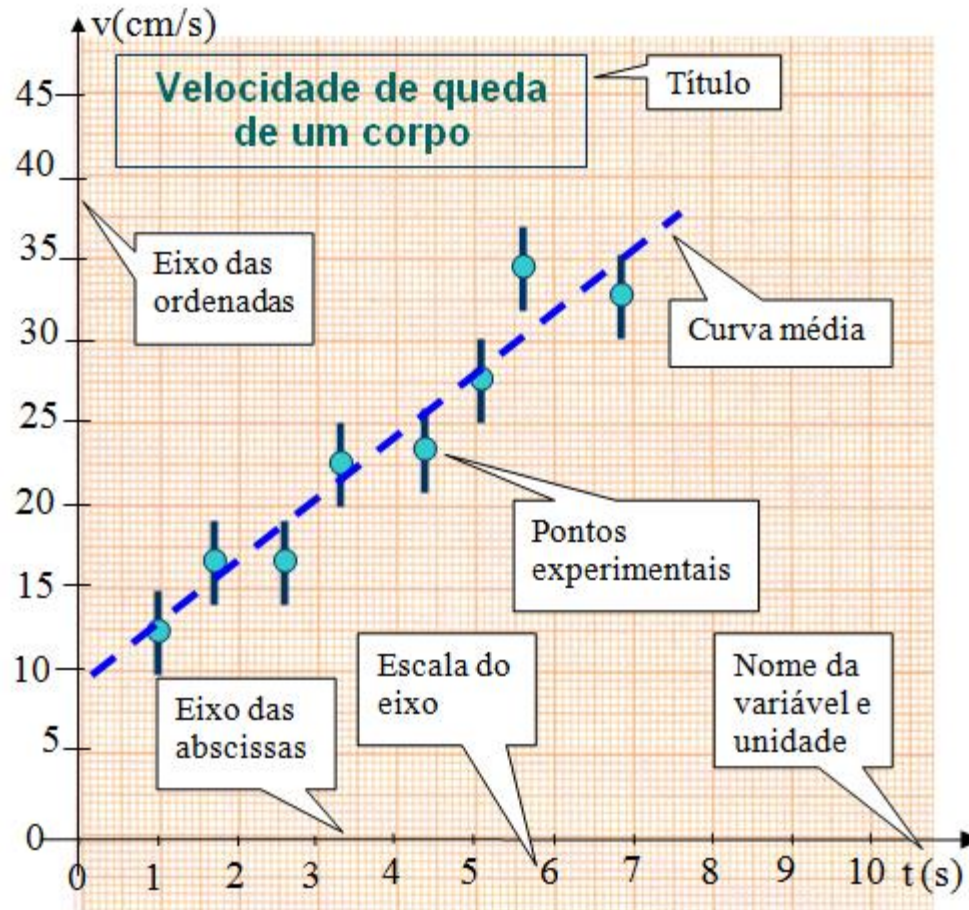


Figura 3.1. Componentes típicos de um gráfico científico padrão.

# Regras gerais para confecção de gráficos

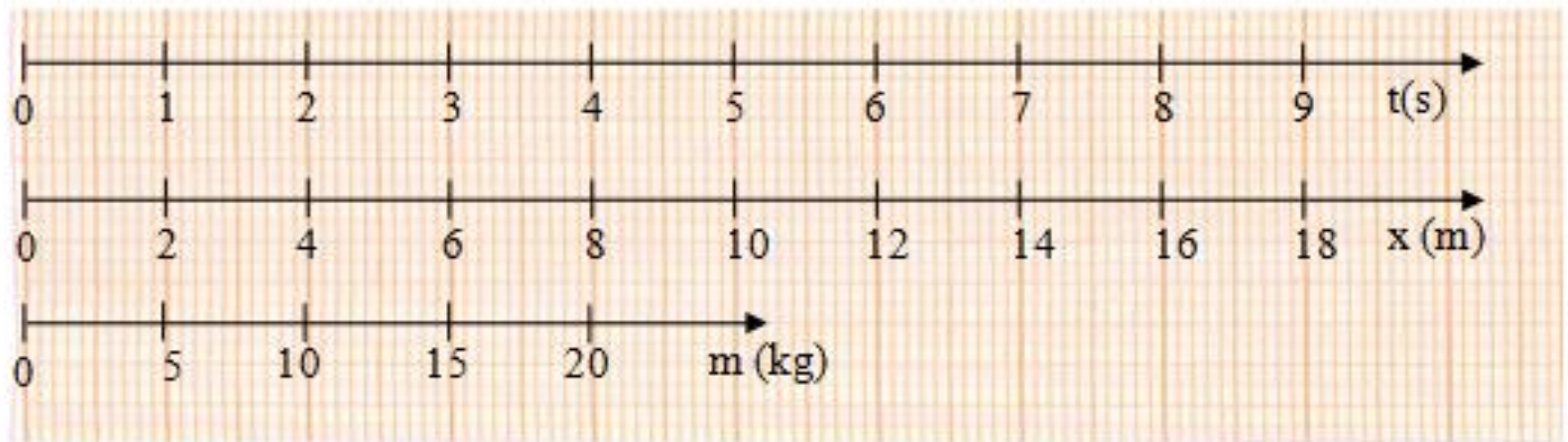


Figura 3.2. Alguns exemplos de formas CORRETAS de desenhar eixos em um gráfico.

# Regras gerais para confecção de gráficos

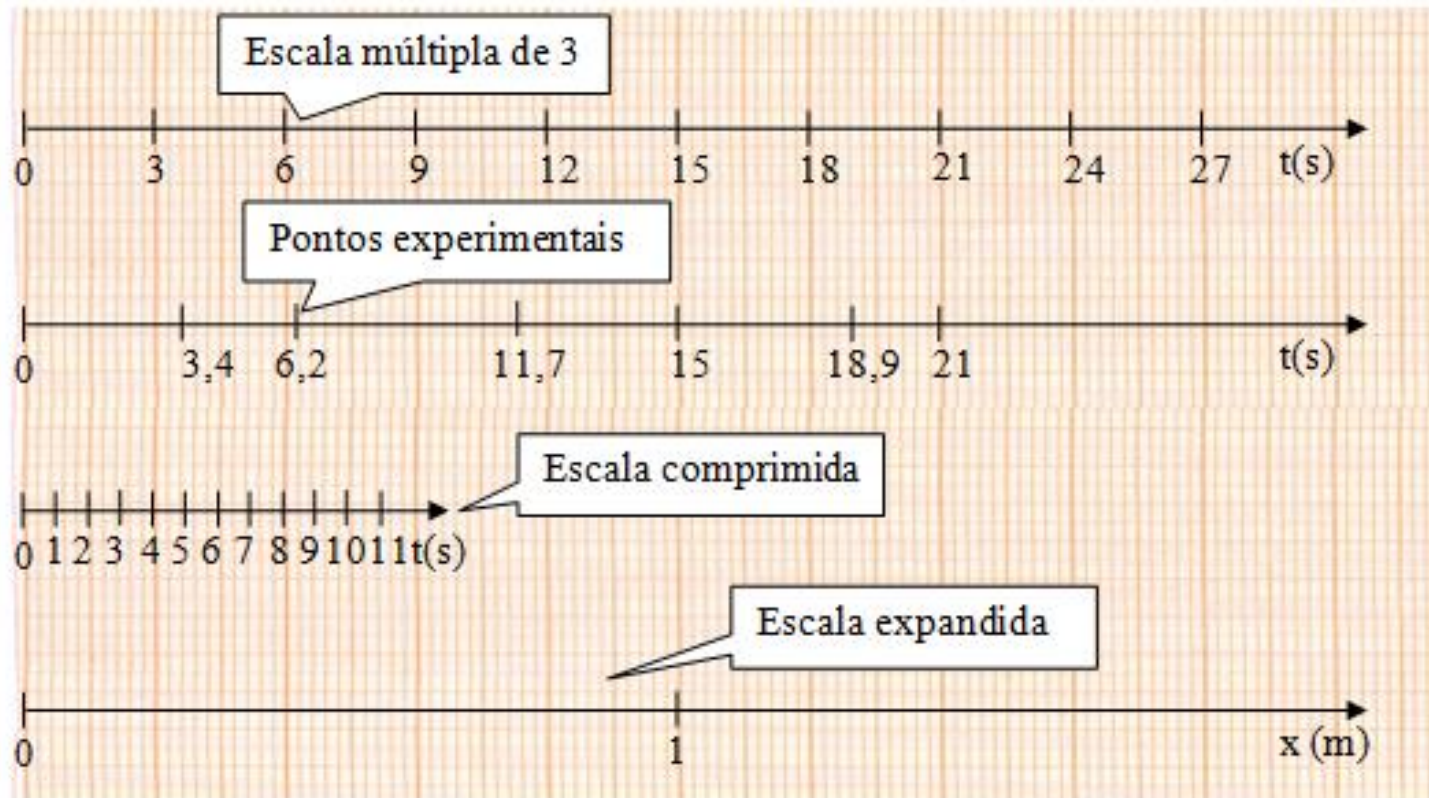


Figura 3.3. Algumas formas INCORRETAS de desenhar eixo em um gráfico.

# Regras gerais para confecção de gráficos

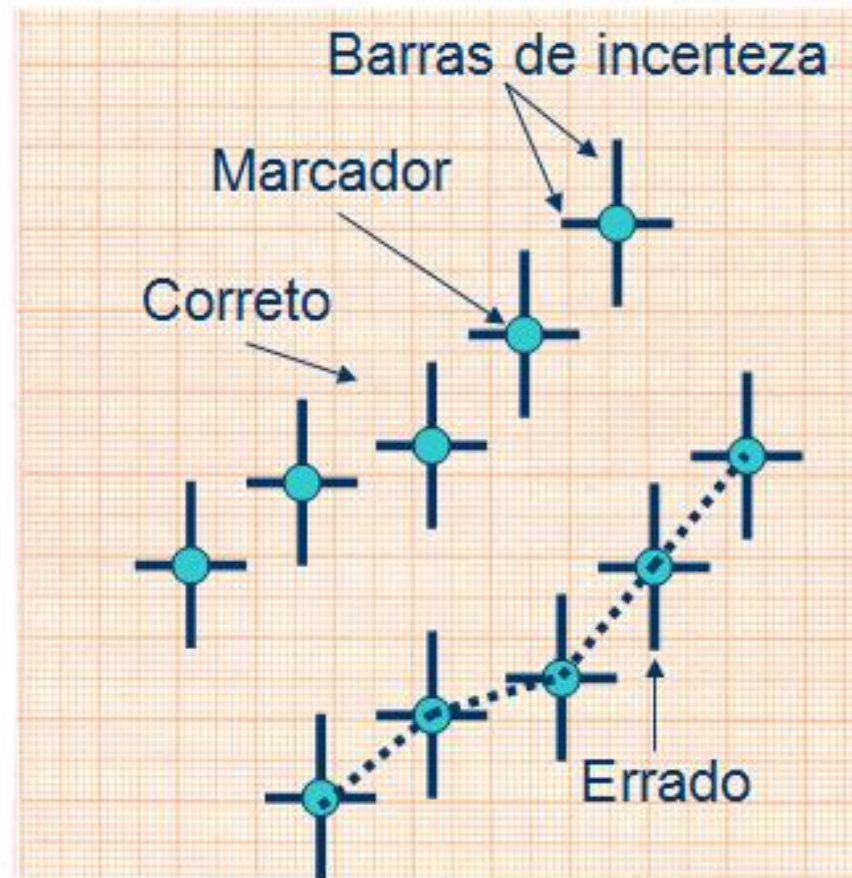



Figura 3.4. Representação de pontos experimentais em um gráfico. NUNCA LIGUE OS PONTOS. Indique as barras de incerteza (se for o caso) em cada ponto nos eixos x e y.

# Traçando curvas médias

- ▶ Utilizar uma régua
  - ▶ Pontos aleatoriamente distribuídos em torno da reta
  - ▶ Desenho manual
  - ▶ Senso crítico
  - ▶ Reta média não necessariamente passa por todos os pontos experimentais
  - ▶ Não necessariamente passa pelo primeiro e último pontos do gráfico
- 

# Traçando curvas médias

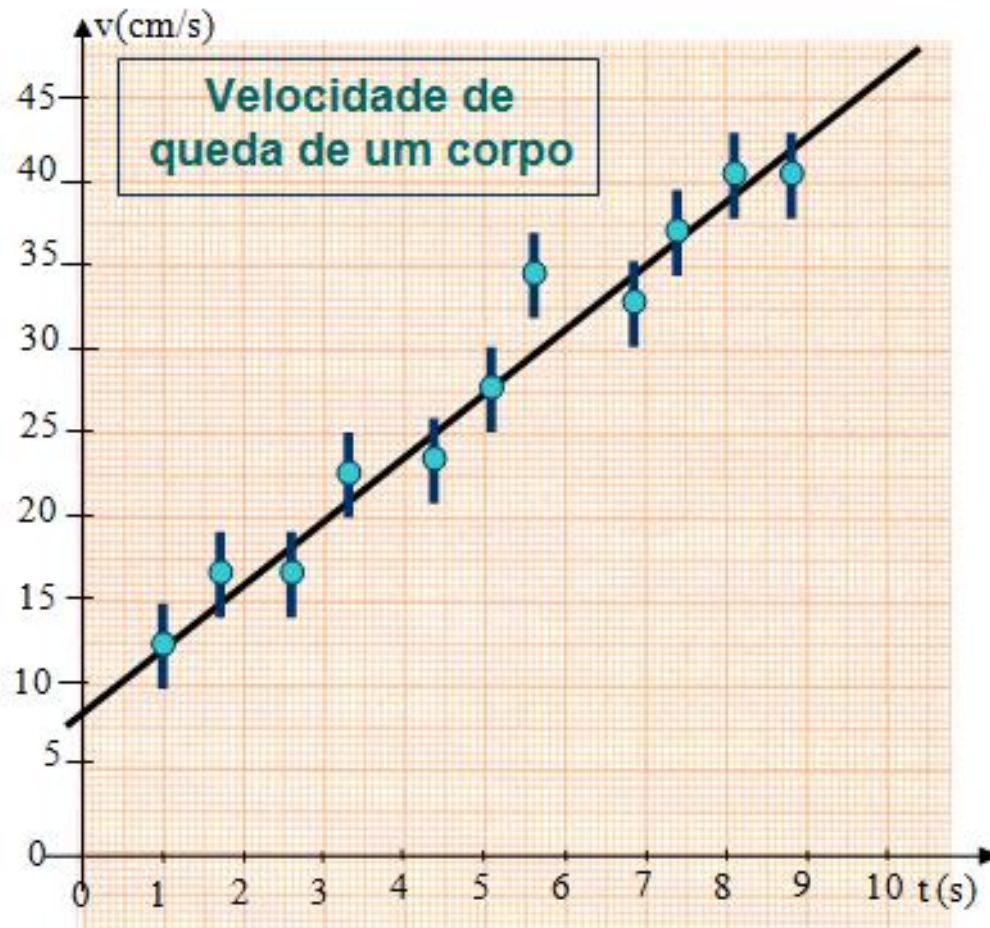


Figura 4.6. Velocidade de queda de um ovo com a sua respectiva reta média que é utilizada para extrair informações numéricas a respeito do movimento de queda.

# Traçando curvas médias

- ▶ Cuidado com o uso dessa técnica
- ▶ Muitas vezes, os pontos não ficam aleatoriamente distribuídos em torno da reta.
- ▶ Nesse caso, é evidente que a função não é uma reta.

# Traçando curvas médias



Figura 4.7. Conjunto de dados no qual o uso de uma reta média não é adequado para descrever o comportamento dos dados.



# Gráficos lineares

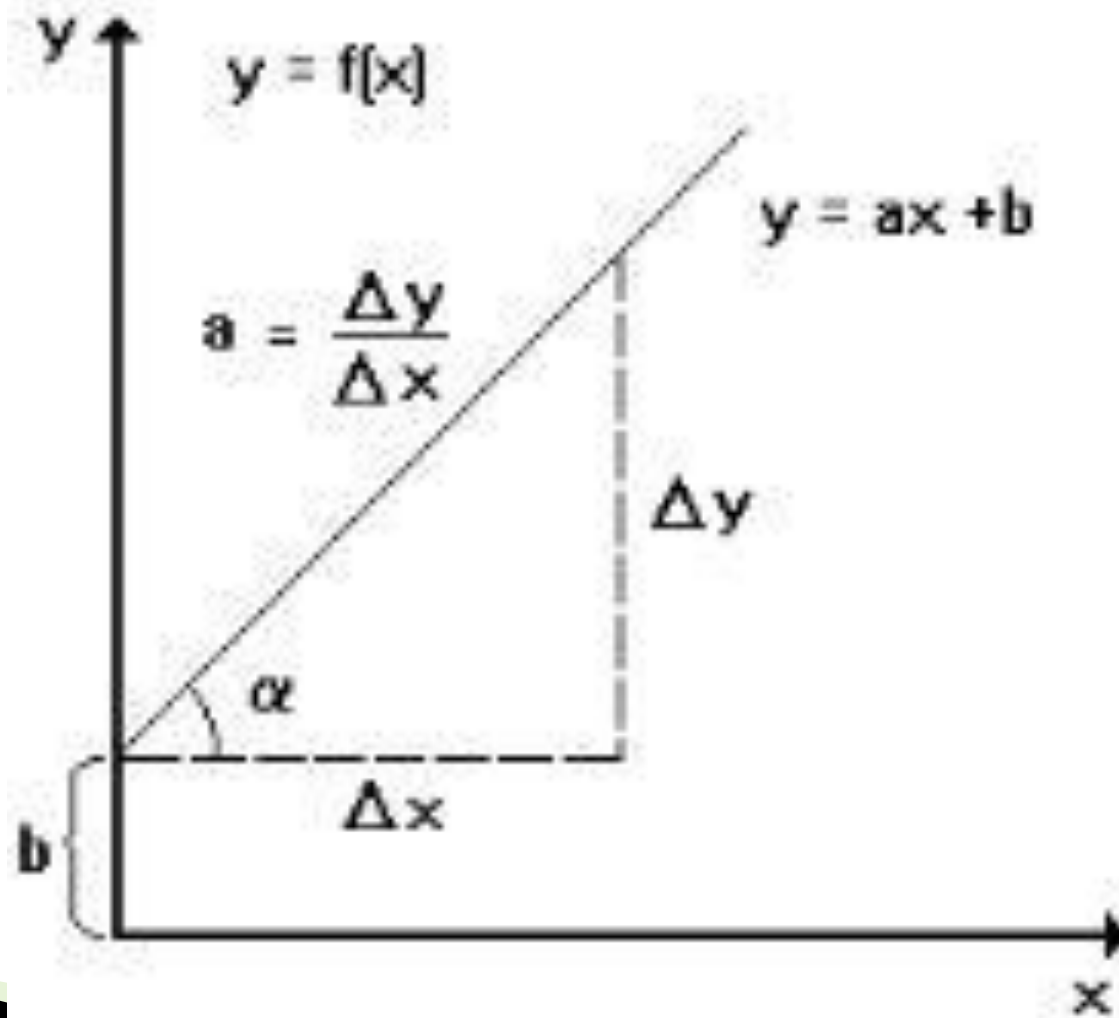
- ▶ Equação da reta:
  - $y$ : variável dependente
  - $X$ : variável independente
  - $a$ : coeficiente angular
  - $b$ : coeficiente linear.

$$y = ax + b$$

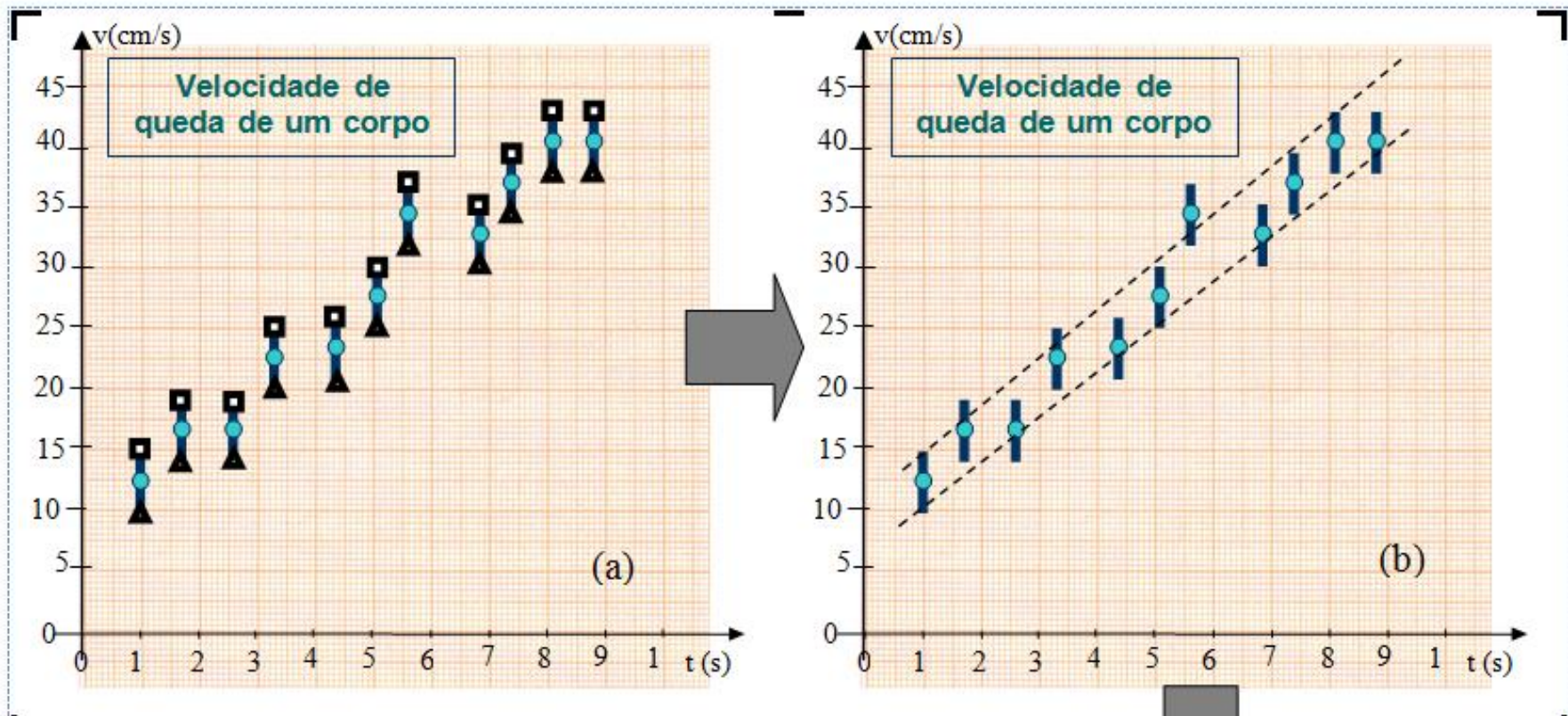
# Gráficos lineares

- ▶ Obtenção dos coeficientes  $a$  e  $b$
- ▶ **ESCOLHA PONTOS BASTANTE DISTANTES!!!!**  
Pontos muito próximos acarretam em incertezas bastante elevadas

# Gráficos lineares



# Avaliação de incertezas nos coeficientes angular e linear



# Avaliação de incertezas nos coeficientes angular e linear

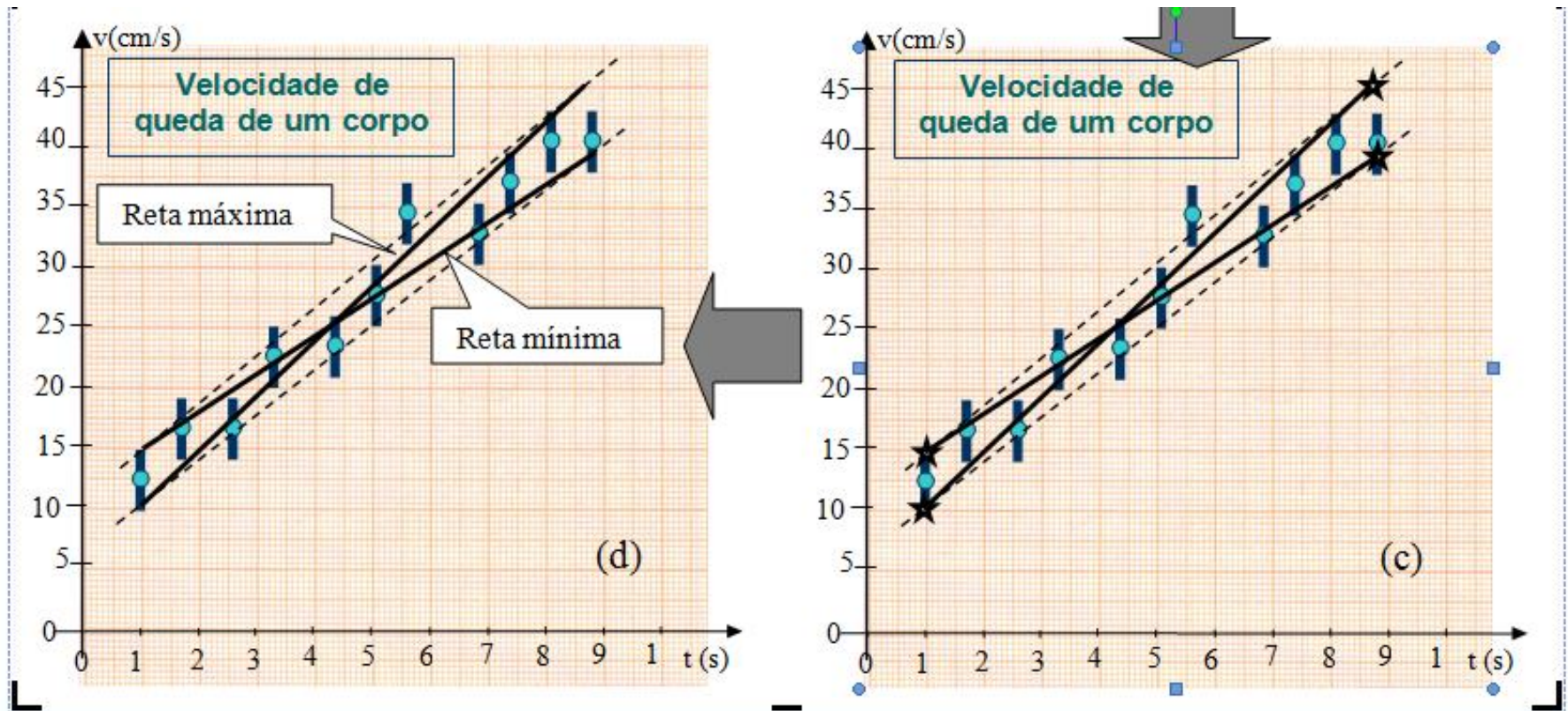


Figura 4.8. Procedimento para estimar as incertezas nos coeficientes da reta média.

# Avaliação de incertezas nos coeficientes angular e linear

- ▶ Retas máxima e mínima
- ▶ Para cada reta, calcula-se os coeficientes angulares e lineares

$a_{max}$ ,  $b_{max}$ ,  $a_{min}$ ,  $b_{min}$ .

# Avaliação de incertezas nos coeficientes angular e linear

- ▶ As incertezas nos coeficientes da reta média podem ser obtidas através das expressões:

$$\sigma_a = \frac{|a_{\max} - a_{\min}|}{2} \quad \text{e} \quad \sigma_b = \frac{|b_{\max} - b_{\min}|}{2}$$

# Obtenção dos k teóricos

- ▶ Associação em paralelo:

$$k_{par\_teo} = k_1 + k_2$$

- ▶ Associação em série

$$k_{ser\_teo} = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}$$

- ▶ Incertezas dos k teóricos: propagação

$$\sigma_f^2 = \left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 \sigma_x^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2 \sigma_y^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial z}\right)^2 \sigma_z^2$$



# Relatório completo (entrega: 13/04)

1. Objetivo
  2. Materiais utilizados
  3. Introdução teórica (Lei de Hooke, associação em série e paralelo de molas)
  4. Procedimento experimental
  5. Resultados e discussão (dados obtidos, tabelas, cálculos, gráficos, etc., e comparação e discussão com o valor teórico)
  6. Conclusões
  7. Bibliografia
- 