

Introdução e Conceitos Básicos Parte II - Gráficos



Início Experimento 1 - MRU

1. Medir os intervalos entre os sensores do trilho
 - I. Calcular valores médios
 - II. Calcular incertezas

2. Medir os tempos em cada intervalo (3 repetições)
 - I. Calcular valores médios
 - II. Calcular incertezas

3. Calcular as velocidades médias em cada intervalo
 - I. Calcular valores médios
 - II. Fazer propagação de erros
 - III. Calcular incertezas

4. Preencher a Tabela 1 do Roteiro 1

Quadro resumo

$w = w(x, y, \dots)$	Expressões para σ_w
$w = x \pm y$ soma e subtração	$\sigma_w^2 = \sigma_x^2 + \sigma_y^2$ somar as incertezas absolutas em quadratura
$w = axy$ multiplicação	$\left(\frac{\sigma_w}{w}\right)^2 = \left(\frac{\sigma_x}{x}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_y}{y}\right)^2$ somar as incertezas relativas em quadratura
$w = a(y/x)$ divisão	$\left(\frac{\sigma_w}{w}\right)^2 = \left(\frac{\sigma_x}{x}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_y}{y}\right)^2$ somar as incertezas relativas em quadratura
$w = x^m$ potência simples	$\left \frac{\sigma_w}{w}\right = \left m \frac{\sigma_x}{x}\right $
$w = ax$ multiplicação por constante	$\left \frac{\sigma_w}{w}\right = \left \frac{\sigma_x}{x}\right $ ou $\sigma_w = a \sigma_x$
$w = ax + b$	$\left \frac{\sigma_w}{w}\right = \left \frac{\sigma_x}{x}\right $ ou $\sigma_w = a \sigma_x$
$w = ax^p y^q$	$\left(\frac{\sigma_w}{w}\right)^2 = \left(p \frac{\sigma_x}{x}\right)^2 + \left(q \frac{\sigma_y}{y}\right)^2$
$w = a \sin(bx)$ função qualquer aplicar a definição	$\sigma_w = ab \cos(bx) \sigma_x$ $b \sigma_x$ em radianos

Identifique o tipo de expressão que você precisa para determinar a incerteza.

Exemplo: Um objeto percorreu a distância de $D = (2,4 \pm 0,2)$ m em um tempo de $t = (1,2 \pm 0,1)$ s. Determine a velocidade média do objeto e sua incerteza.

$$v = \frac{D}{t} = \frac{2,4}{1,2} = 2$$

Para o cálculo da incerteza, observamos na tabela que:

$$\left(\frac{\sigma_v}{v}\right)^2 = \left(\frac{\sigma_x}{x}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_y}{y}\right)^2$$

$$\sigma_v = v \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{x}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_y}{y}\right)^2} = 0,23$$

Logo: $v = (2,0 \pm 0,2)$ m/s

1. Apresentação da Disciplina
2. Conceitos básicos da teoria de erros
 - I. Medidas e incertezas
 - II. Propagação de erros
3. **Gráficos**
 - I. Regras para construção de gráficos
 - II. Cálculos a partir de gráficos

Gráficos

Muitas vezes a simples medição e obtenção de um valor para uma grandeza não é suficiente para uma boa descrição de um fenômeno.

Frequentemente, há um interesse em analisar a dependência entre duas grandezas, ou seja, saber como varia uma grandeza quando variamos controladamente uma outra.

Podemos dizer que um gráfico é como um instrumento que possibilita ver a relação entre grandezas diferentes e obter respostas imediatas apenas com o olhar sobre o comportamento de uma grandeza física em função de outra grandeza.

Regras para construção de gráficos

O que todo gráfico deve ter:

1. Título ou legenda do gráfico
2. Eixos das variáveis com os nomes das variáveis, escalas e unidades
3. Dados experimentais e incertezas
4. Funções teóricas ou curvas médias (esse último item é opcional e, dependendo das circunstâncias, pode ser omitido)

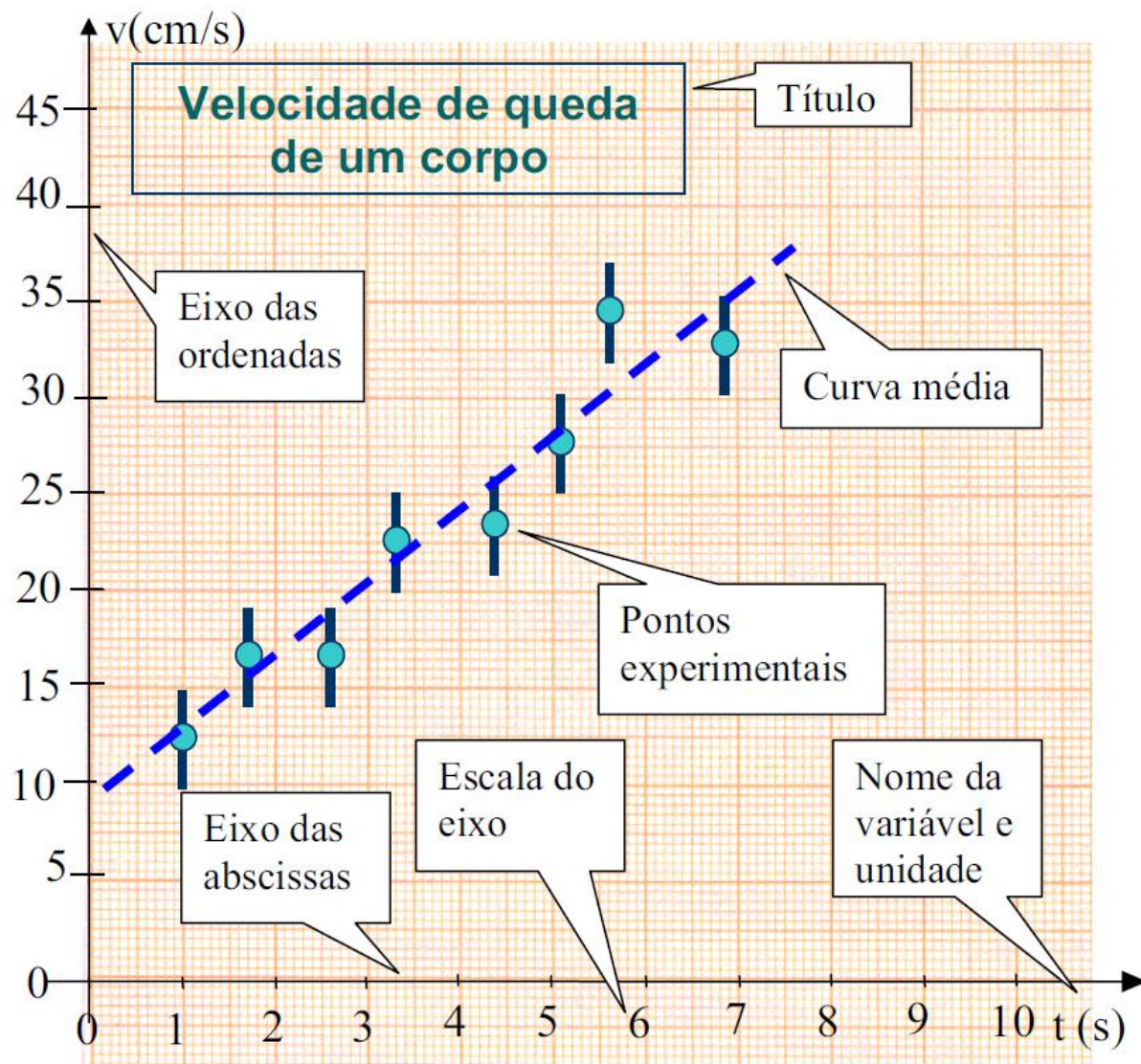
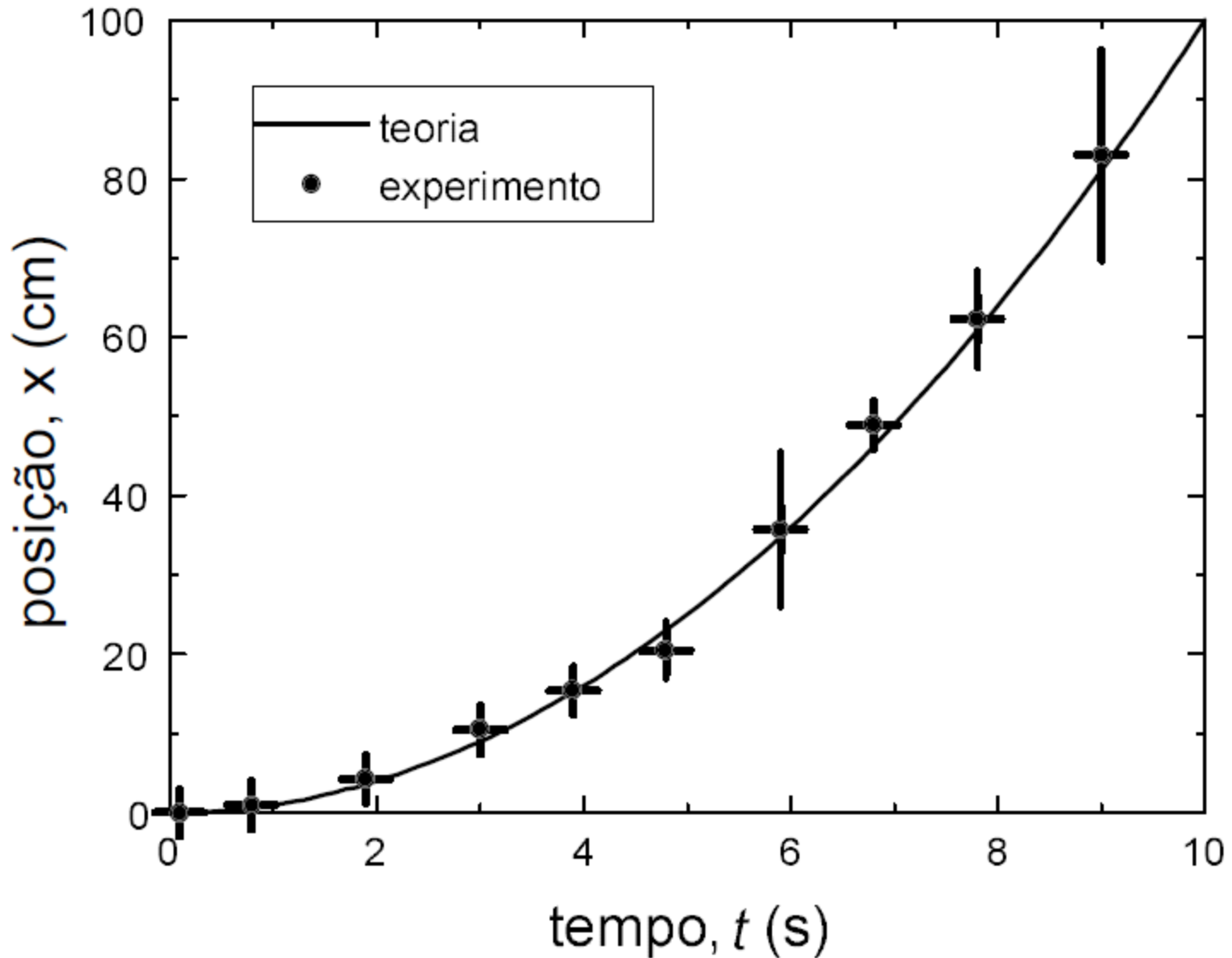


Figura 3.1. Componentes típicos de um gráfico científico padrão.

Exemplo de gráfico bem feito



Exemplo de gráfico bem feito

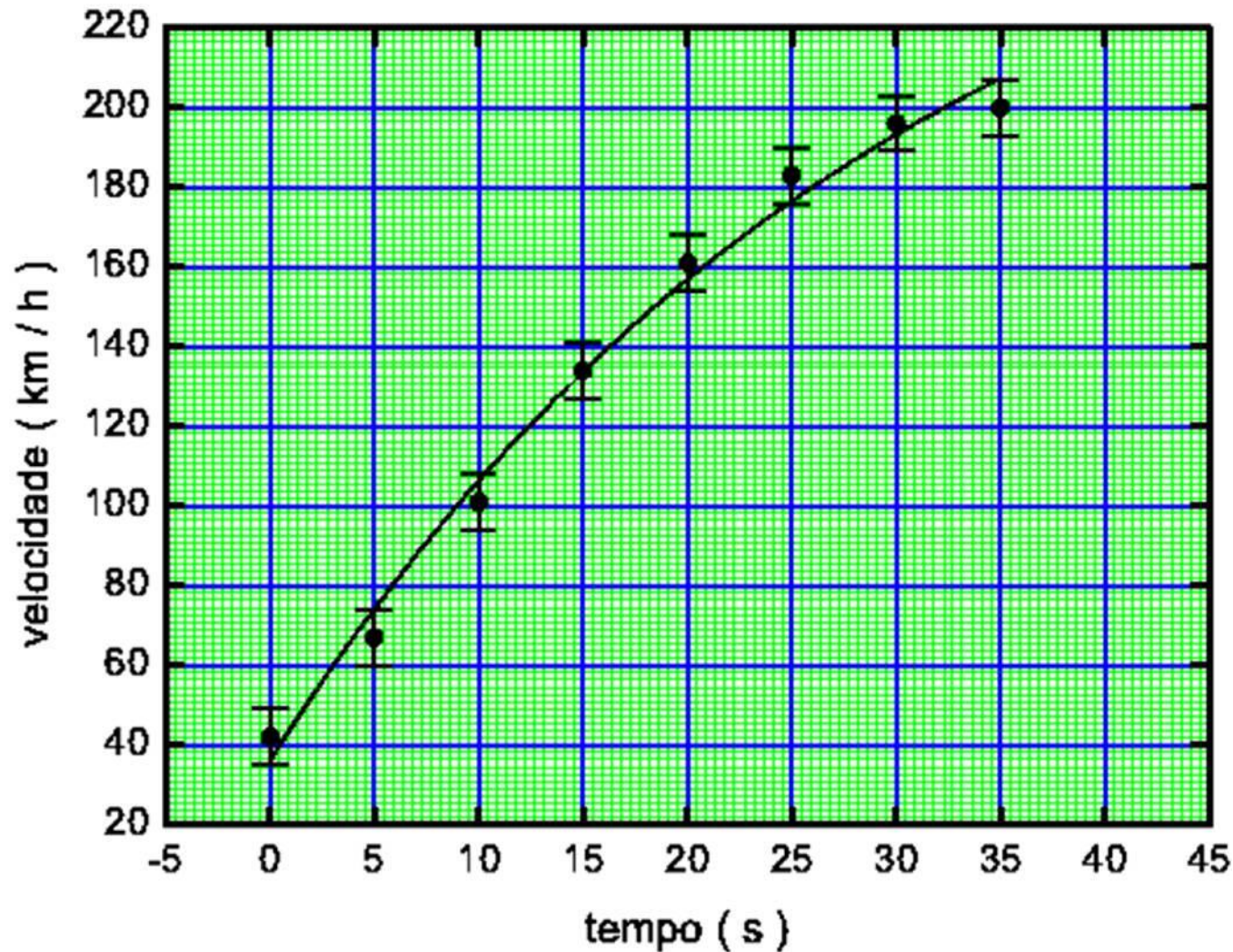
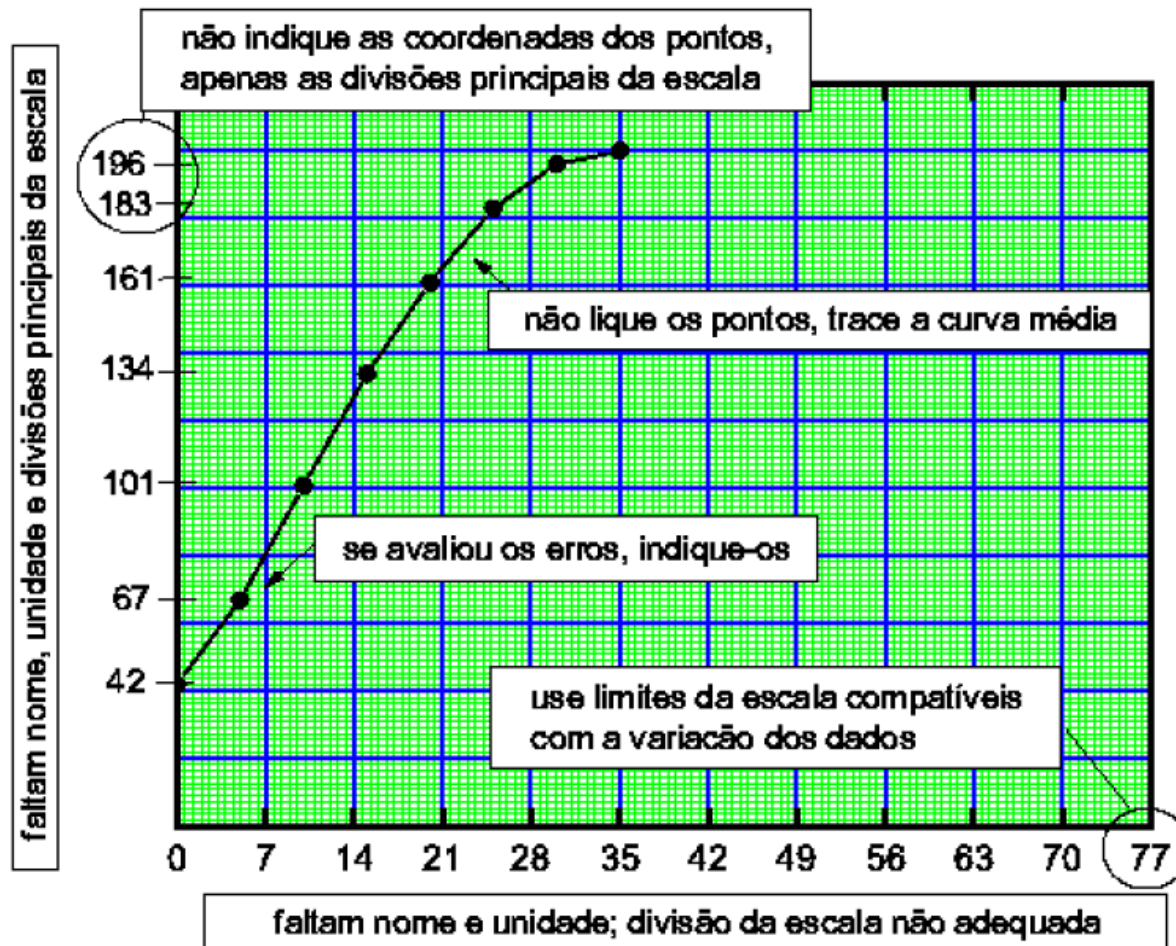
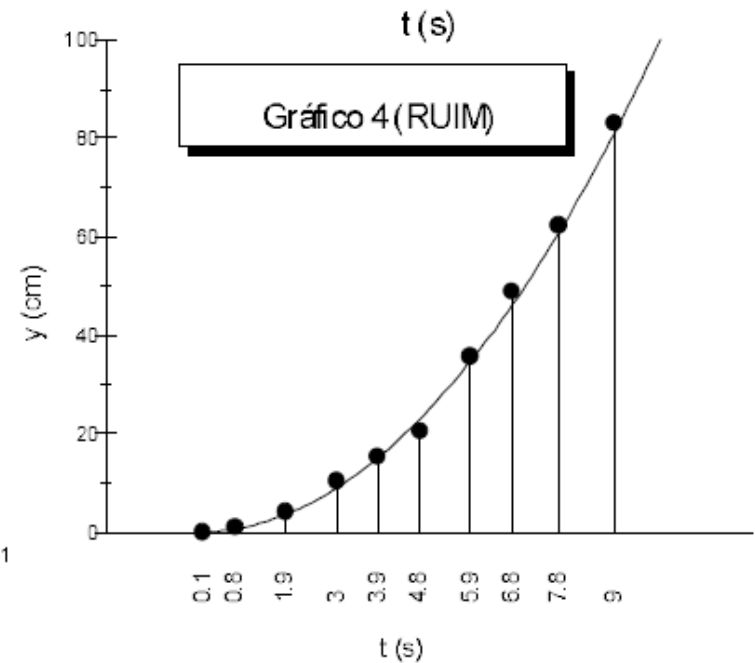
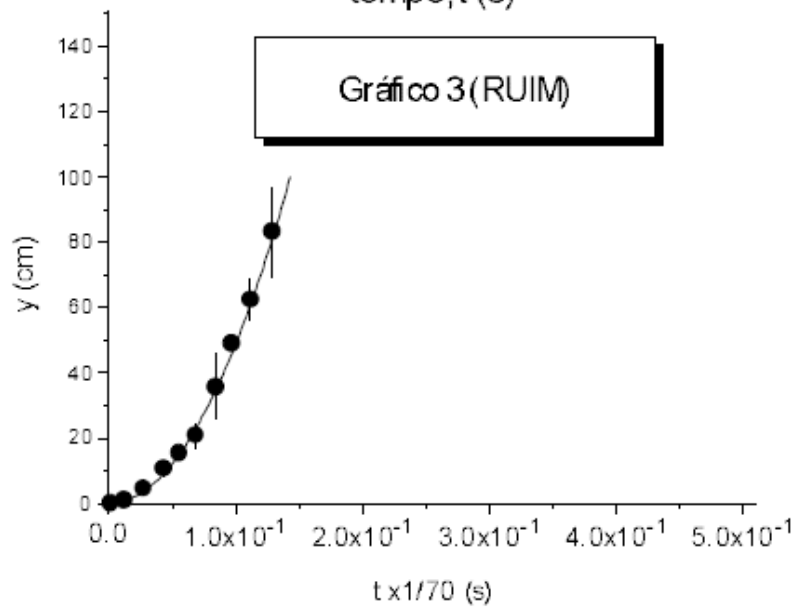
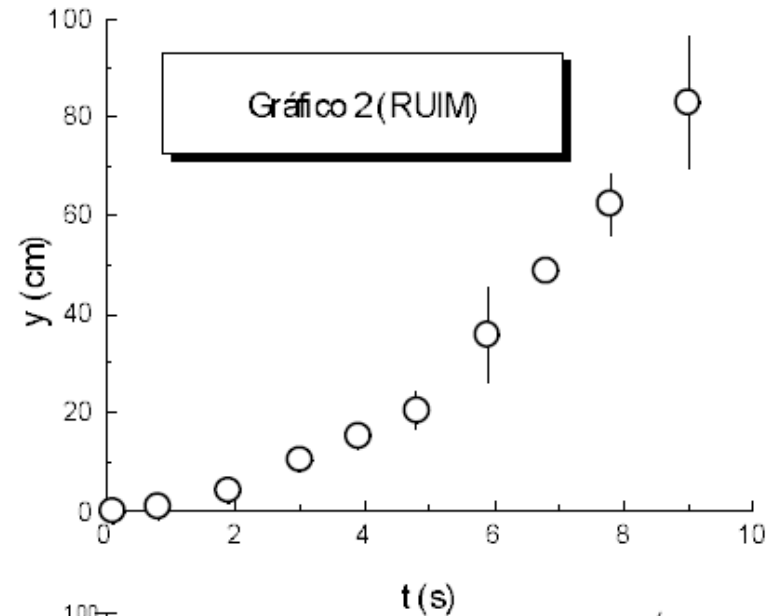
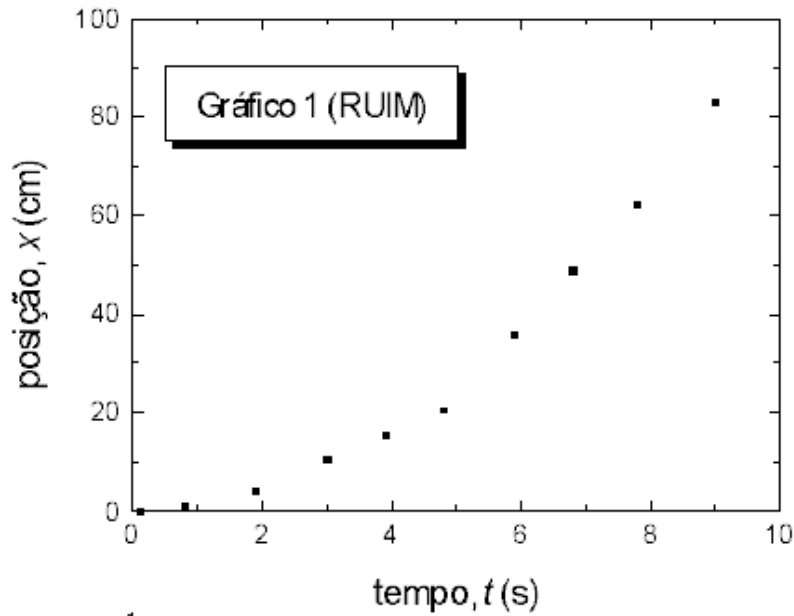


Figura 1: variação da velocidade em função do tempo de um corpo se deslocando em movimento variado

Exemplos ruins



Exemplos ruins

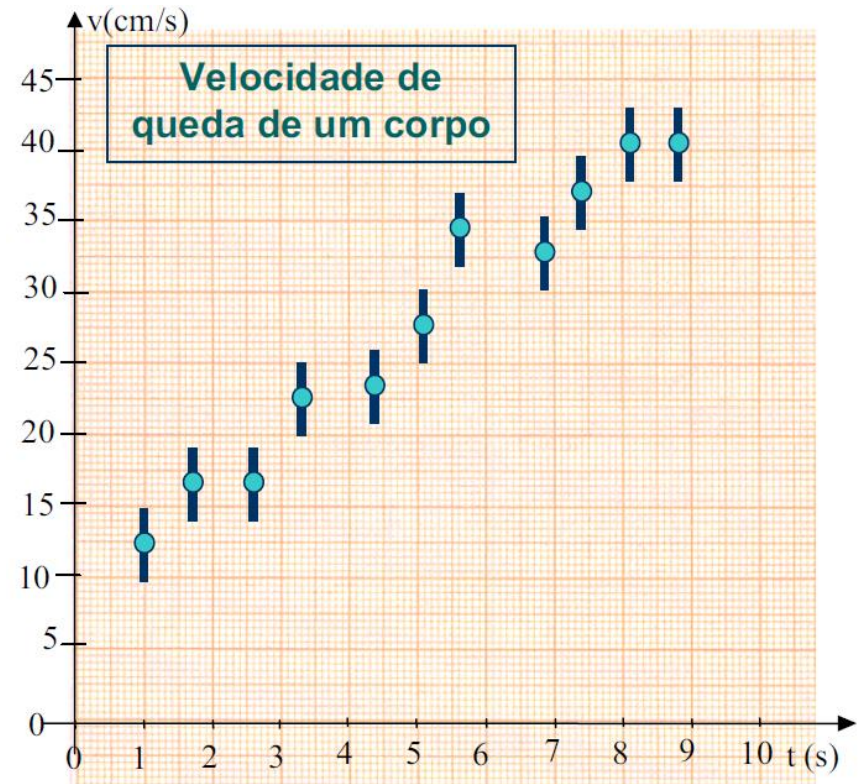


Cálculos a partir de gráficos

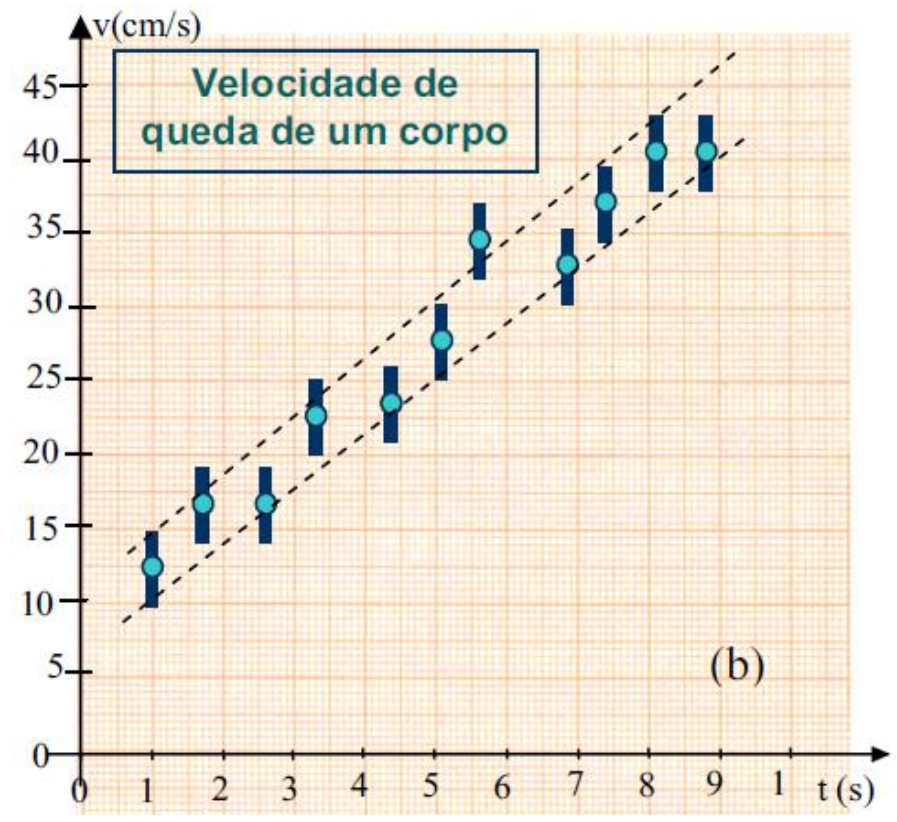
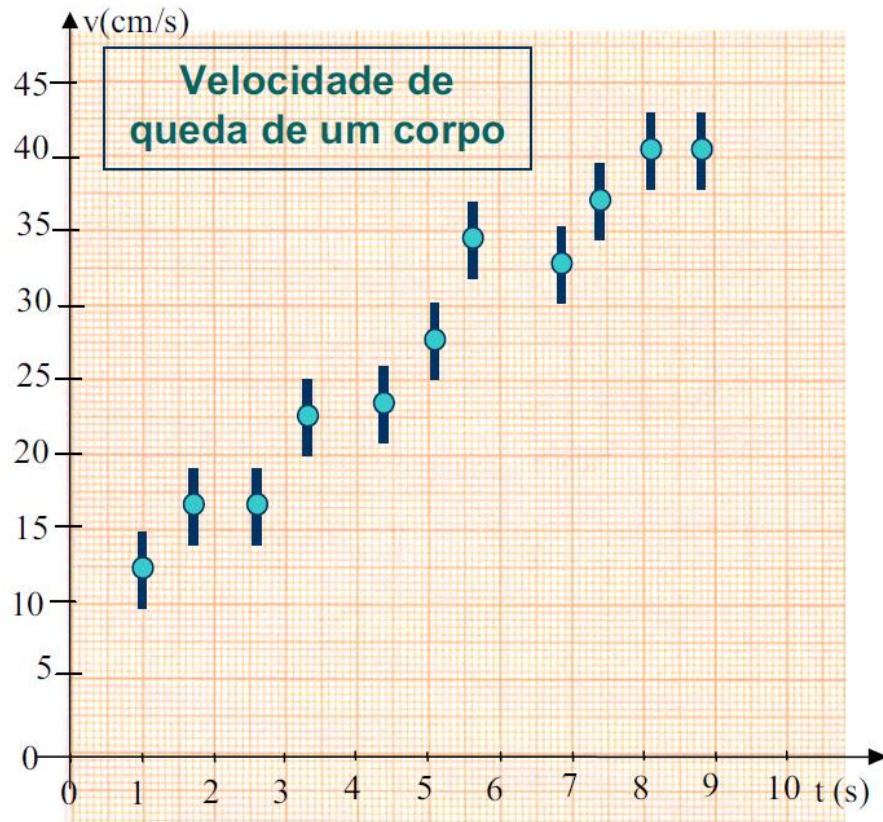
Existe um método rápido para estimar os parâmetros de uma reta, muito útil quando não se dispõe de um computador com software adequado para cálculos estatísticos (como, por exemplo, nas provas!).

As únicas ferramentas necessárias são um lápis (ou caneta) e uma régua (de preferência transparente).

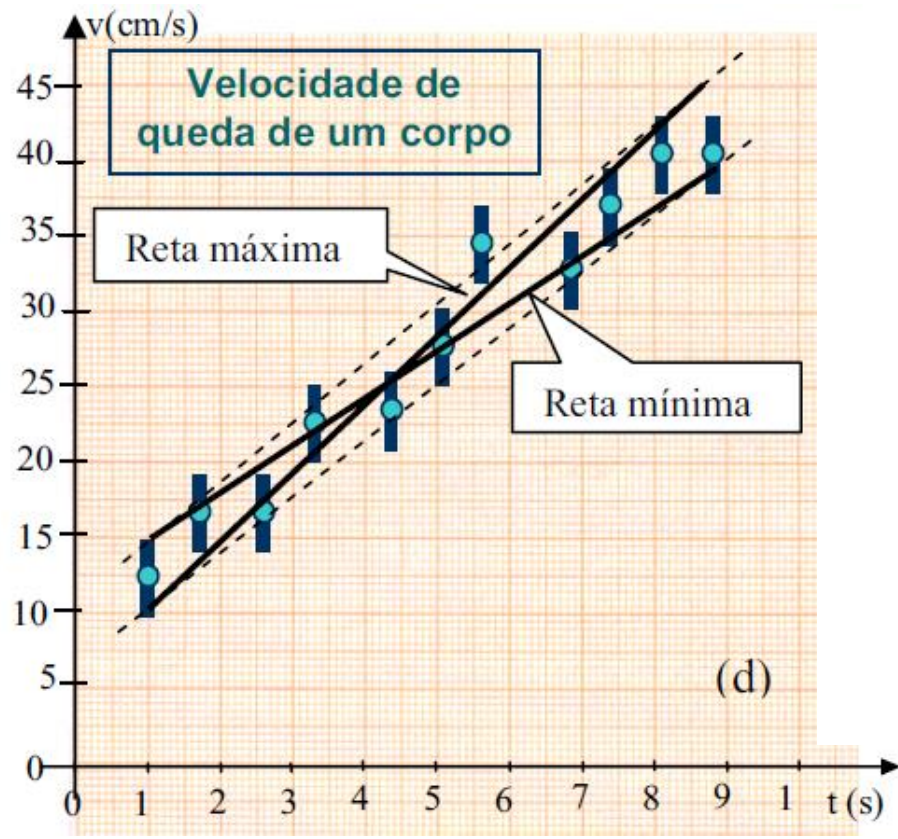
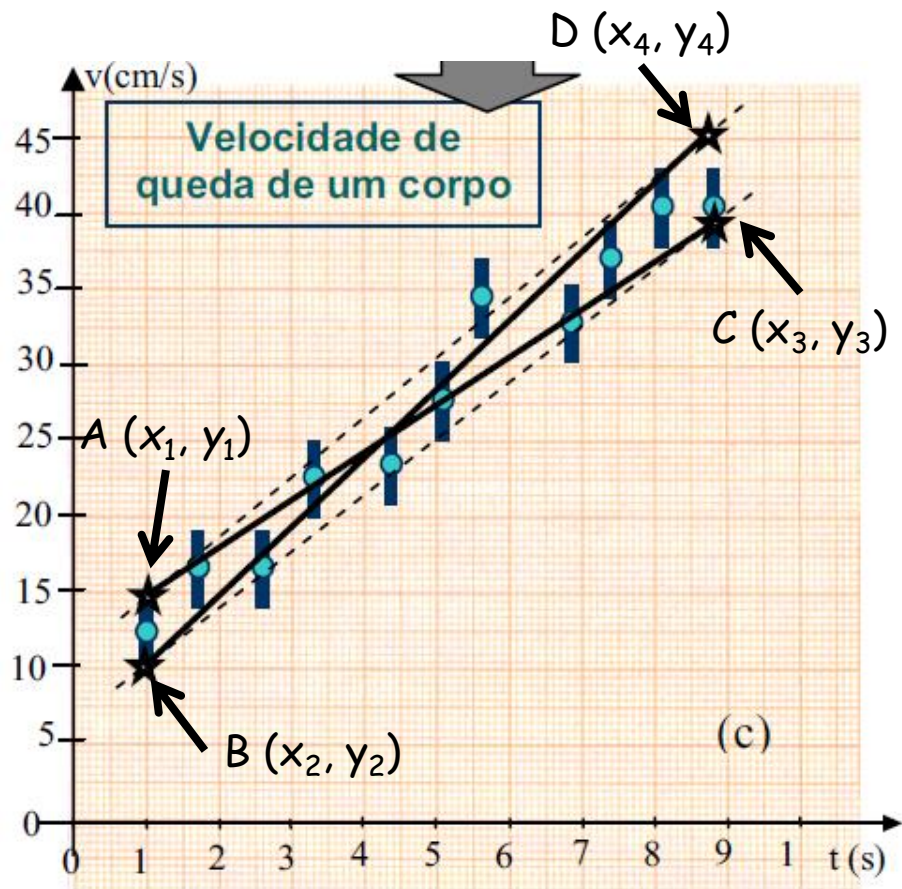
O método funciona melhor se as escalas do gráfico forem escolhidas decentemente, ou seja com os pontos experimentais relativamente alinhados ao longo de uma diagonal.



Cálculos a partir de gráficos



Cálculos a partir de gráficos



Cálculos a partir de gráficos

Os coeficientes angulares a de cada reta são obtidos a partir das coordenadas de seus pontos extremos:

$$\text{Reta mínima} \quad \rightarrow \quad a_{\text{mín}} = \frac{y_3 - y_1}{x_3 - x_1}$$

$$\text{Reta máxima} \quad \rightarrow \quad a_{\text{máx}} = \frac{y_4 - y_2}{x_4 - x_2}$$

Os coeficientes lineares b , por sua vez, são obtidos pela leitura direta dos pontos onde cada reta cruza o eixo y .

Cálculos a partir de gráficos

Obtém-se, assim a equação correspondente para cada uma das retas:

Reta mínima

$$y = a_{\text{mín}} \cdot x + b_{\text{mín}}$$

Reta máxima

$$y = a_{\text{máx}} \cdot x + b_{\text{máx}}$$

Finalmente, os coeficientes e as respectivas incertezas da **reta média** são obtidos pelas expressões abaixo:

$$a = \frac{1}{2}(a_{\text{max}} + a_{\text{min}}), \quad b = \frac{1}{2}(b_{\text{max}} + b_{\text{min}}),$$

$$\Delta \bar{a} = \frac{1}{2\sqrt{N}} |a_{\text{max}} - a_{\text{min}}| \quad \text{e} \quad \Delta \bar{b} = \frac{1}{2\sqrt{N}} |b_{\text{max}} - b_{\text{min}}|.$$

Finalização Experimento 1 - MRU

1. Preencher a Tabela 1 do Roteiro 1
 - I. Tratamento e Análise dos Dados Experimentais
 - II. Calcular/propagar incertezas

2. Preencher a Tabela 2 do Roteiro 1
 - I. Calcular posições a partir dos intervalos de espaço
 - II. Calcular tempos a partir dos intervalos de tempo

3. Construir gráfico de Posição vs. Tempo
 - I. Adicionar pontos experimentais com suas barras de erro
 - II. Traçar reta e calcular graficamente o coeficiente angular
 - III. Traçar retas min/max e calcular graficamente a incerteza

4. Discutir questões (Q1 a Q4) e entregar o Roteiro 1

Referências

Vuolo, José Henrique. *Fundamentos da teoria de erros*. Ed. Edgard Blücher, São Paulo, SP. 2a Ed. 1992.

Bevington, P. R., Robinson, D. K., *Data reduction and error analysis for the physical sciences*, McGraw-Hill, New York, 3rd edition, 2003.

Serway, R. A., Jewett, Jr., J. W., *Princípios de Física vol. 1, cap. 1*, Ed. Cengage Learning.

Tabacniks, Manfredo Harri. *Conceitos básicos de teoria de erros*, Revisão 2009 (AAQ), IFUSP, 2009.

Guia para física experimental IFGW-Unicamp, 1997.

Sohaib Shamim and Sabieh Anwar, *Error Analysis in the Experimental Physics Lab*, LUMS School of Science and Engineering, September 8, 2010.