



Introdução à Física Experimental

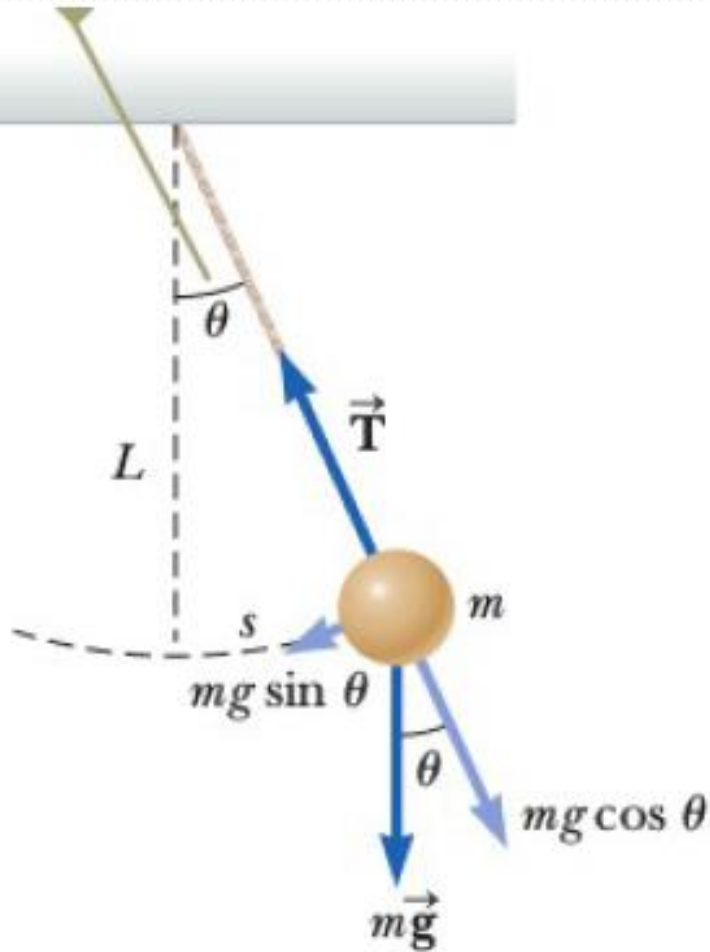
Licenciatura em Física
1º período

Aula 7: Determinação de g através do estudo de um Pêndulo simples

Profa Marcia Saito

marcia.saito@ifpr.edu.br

Pêndulo simples



- ▶ Aplicando as Leis de Newton, é possível deduzir que (para ângulos pequenos):
- ▶ $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$
- ▶ Não é uma função linear
- ▶ Como encontrar g experimentalmente?

Linearização de funções

$$\blacktriangleright T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

$$\blacktriangleright T^2 = 4\pi^2 \frac{L}{g}$$

$$\blacktriangleright L = \underbrace{\frac{g}{4\pi^2}}_a T^2$$

$\blacktriangleright L \times T^2$ é uma função linear

$$\blacktriangleright a = \frac{g}{4\pi^2} \text{ (coef. Angular)}$$

**Temos que
medir L e T**

Experiência

- ▶ Construir pêndulos de diferentes L (10 cm, 15 cm, 20 cm, 25 cm e 30 cm)
- ▶ Aproximação teórica: promover oscilações de ângulos pequenos ($<15^\circ$) – explicar na Introdução teórica porquê
- ▶ Medir o tempo de 10 oscilações (10T) – explicar nos procedimentos porquê
- ▶ Medir 10T 3 vezes e fazer uma média aritmética – explicar nos procedimentos porquê
- ▶ Nesse caso, podemos desprezar a incerteza em T – justificar nos procedimentos porquê

Exemplos de resultados

1) Medida direta com instrumento de medida:

$$(2,74 \pm 0,05) \text{ cm} \quad \text{Unidade de medida}$$

Resultado da
medição

Precisão do
instrumento



Mesmo nº de casas decimais

2) Resultado de uma série de medidas:

$$(4,53 \pm 0,15) \text{ mm} \quad \text{Unidade de medida}$$

Média aritmética

$$\sigma = \sqrt{\sigma_m^2 + \sigma_{inst}^2} \quad (\text{c/ 2 alg. Signif.})$$



Mesmo nº de casas decimais

Exemplos de resultados

3) Resultado de um cálculo envolvendo medidas diretas:

$$(9,7 \pm 2,5) \text{ mm}^3 \quad \text{Unidade de medida}$$

Resultado do cálculo

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

(c/ 2 alg. Signif.)



Mesmo nº de casas decimais

Exemplos de resultados

4) Resultado obtido através de um gráfico linear:

$(5,8) \pm (1,6) \text{ m/s}^2$ Unidade de medida

Coeficiente angular da reta média (a) $\sigma_a = \frac{|a_{max} - a_{min}|}{2}$
(c/ 2 alg. Signif.)



Mesmo nº de casas decimais

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

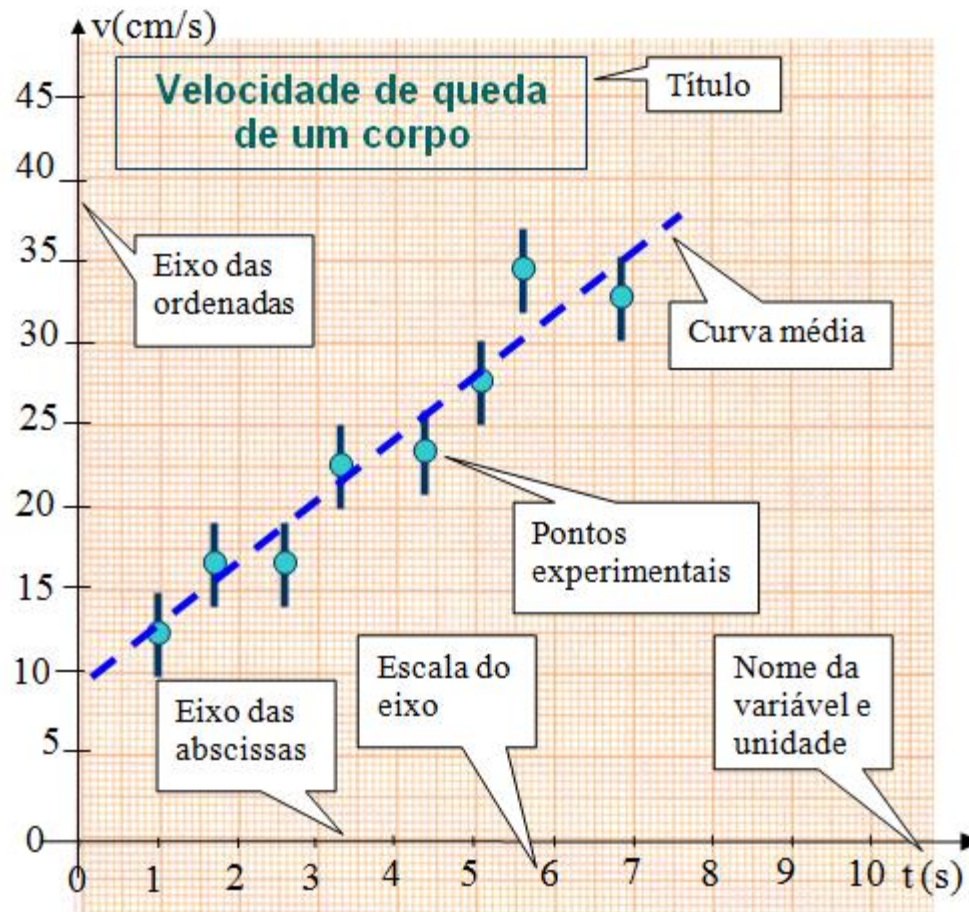


Figura 3.1. Componentes típicos de um gráfico científico padrão.

Regras gerais para confecção de gráficos

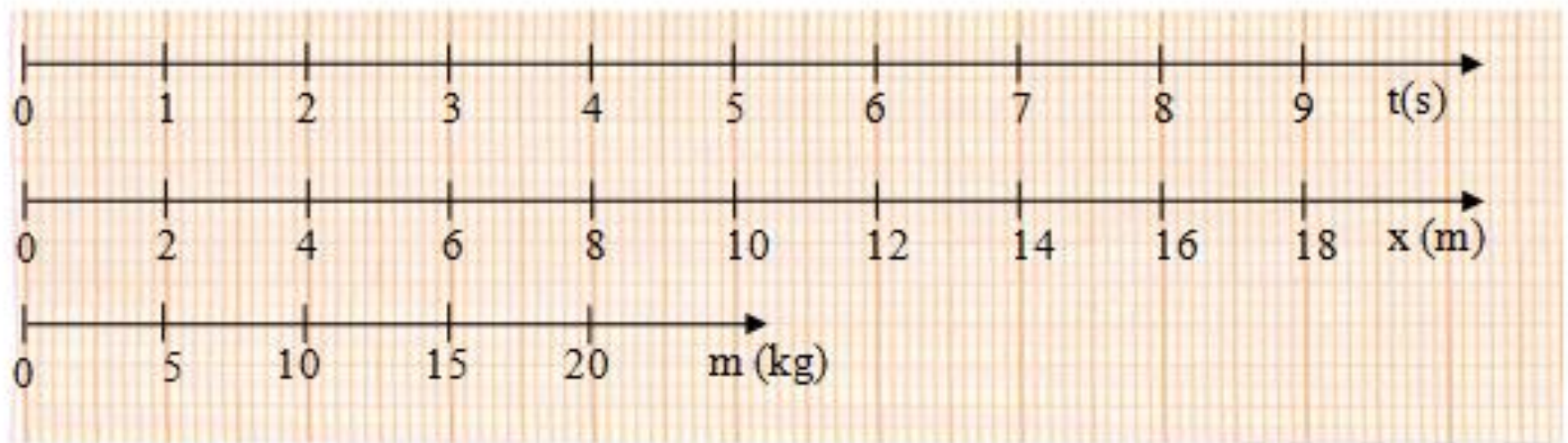


Figura 3.2. Alguns exemplos de formas CORRETAS de desenhar eixos em um gráfico.

Regras gerais para confecção de gráficos

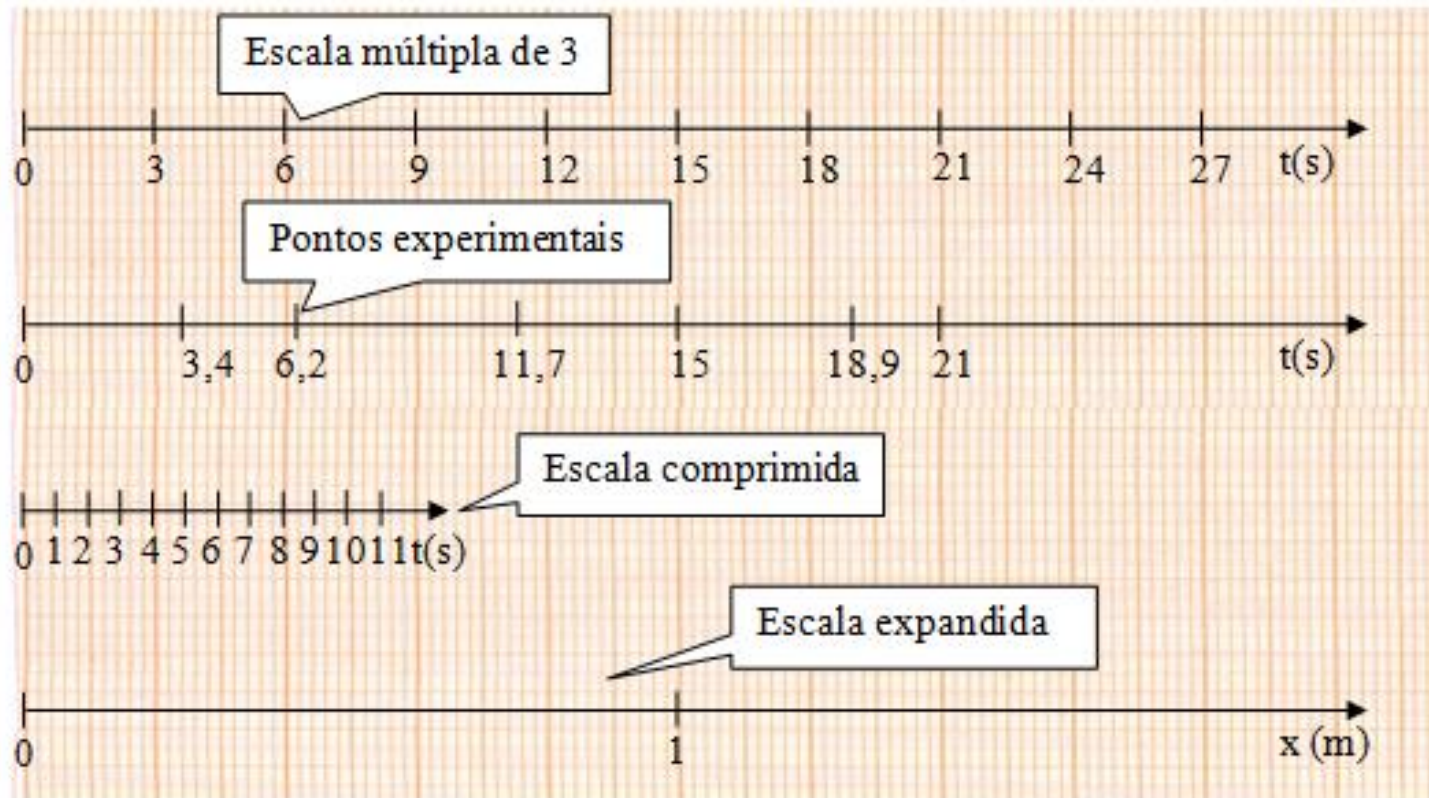


Figura 3.3. Algumas formas INCORRETAS de desenhar eixo em um gráfico.

Traçando curvas médias

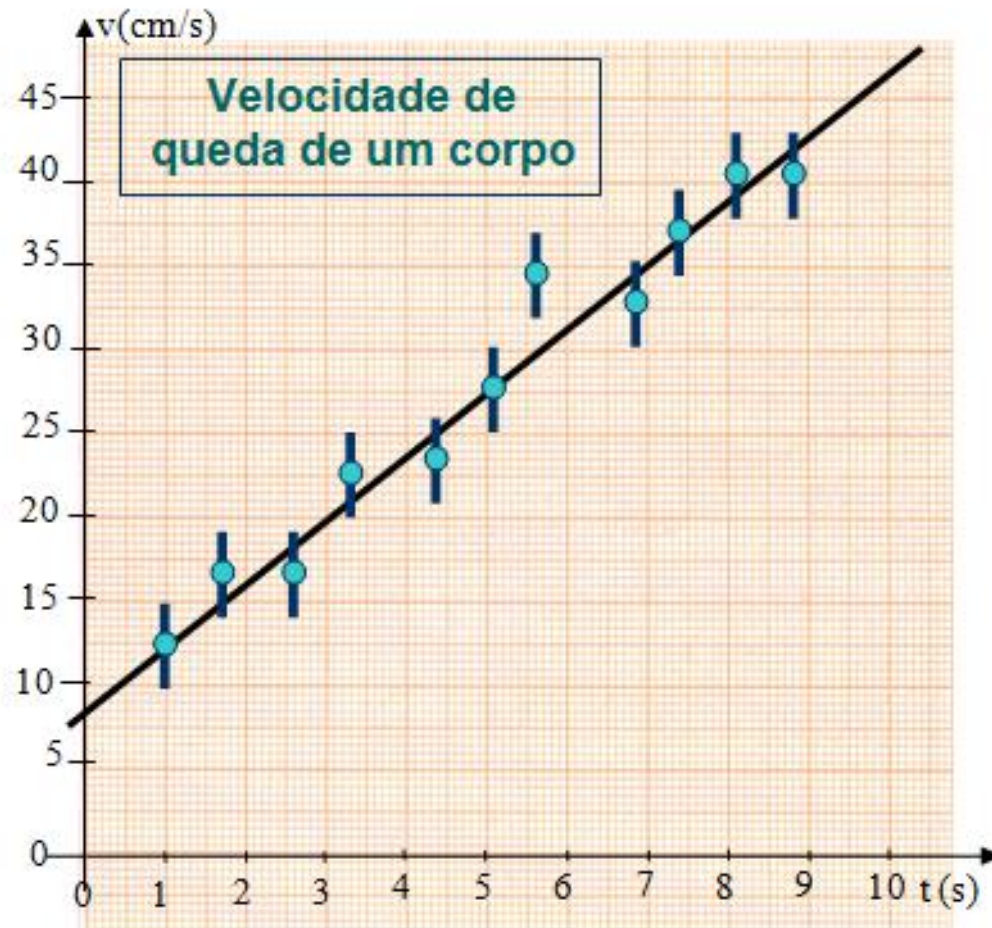


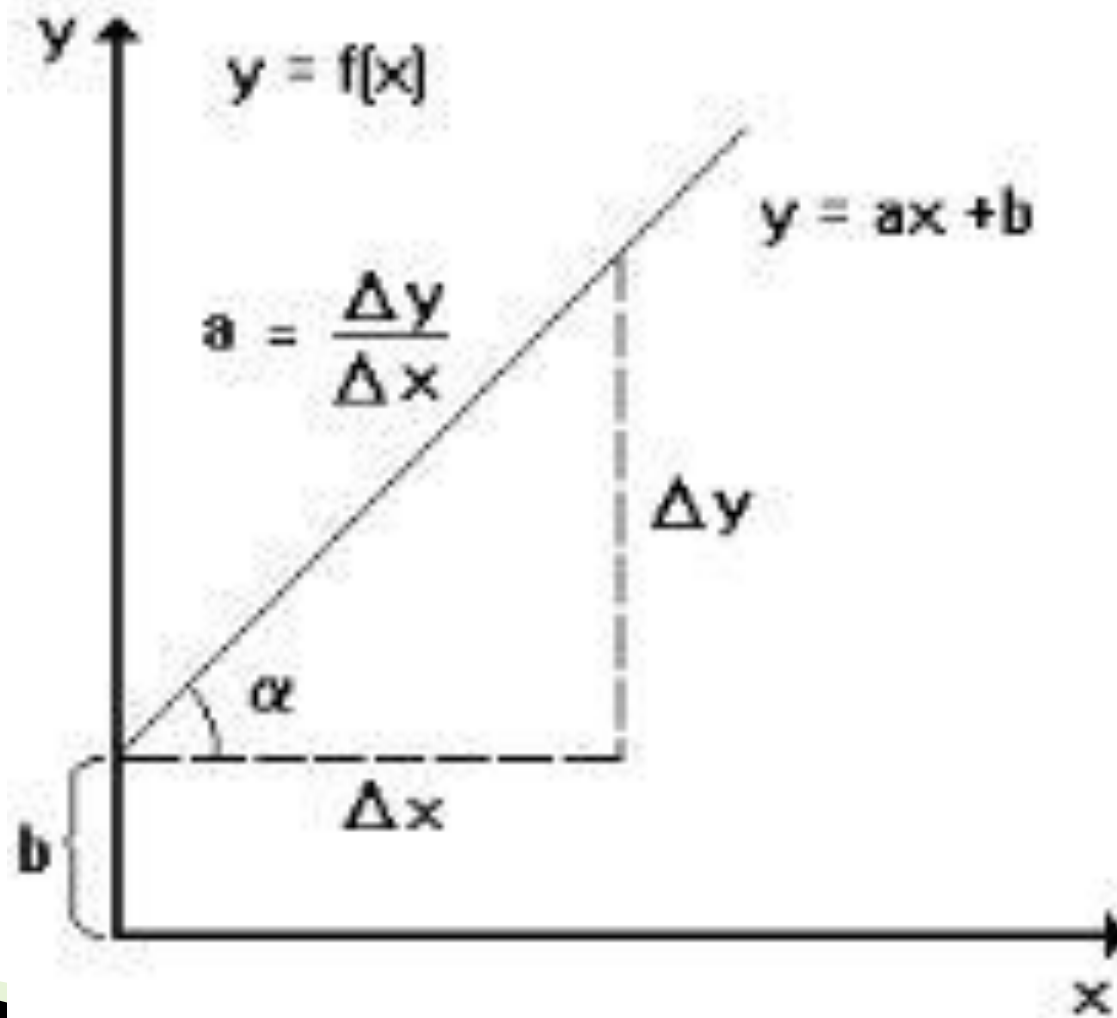
Figura 4.6. Velocidade de queda de um ovo com a sua respectiva reta média que é utilizada para extrair informações numéricas a respeito do movimento de queda.

Gráficos lineares

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

$$y = ax + b$$

Gráficos lineares



Avaliação de incertezas nos coeficientes angular e linear

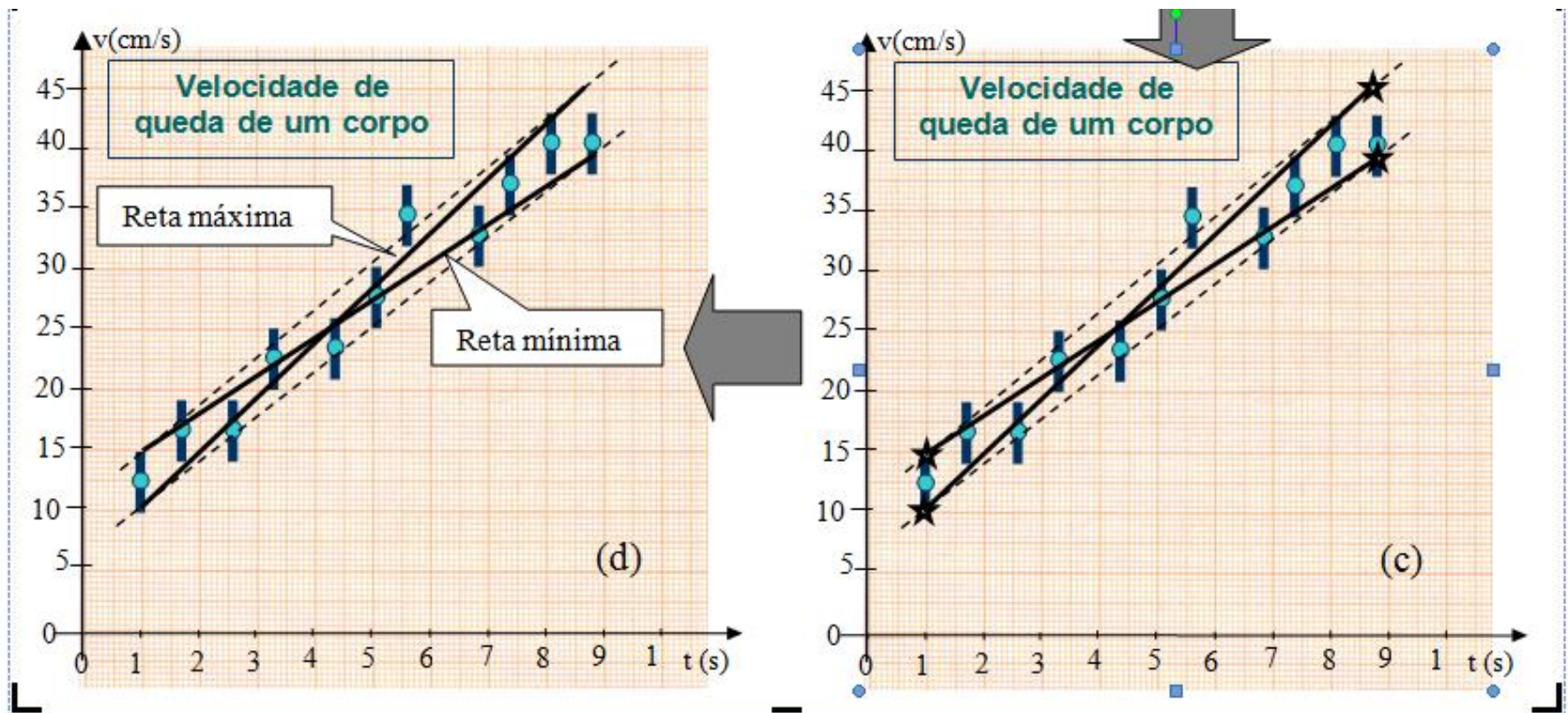
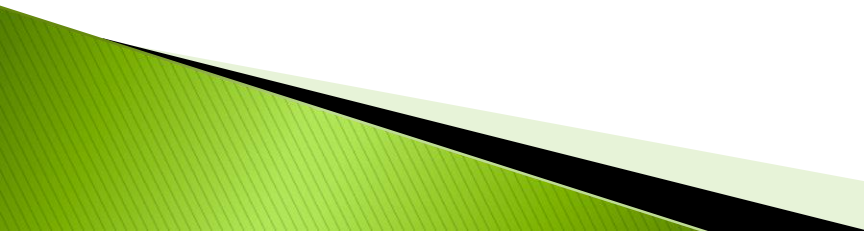


Figura 4.8. Procedimento para estimar as incertezas nos coeficientes da reta média.

Discussão dos gráficos

- ▶ Após a confecção dos gráficos, os mesmos devem ser discutidos:
 - ▶ Os pontos ficaram bem distribuídos em torno da reta média?
 - ▶ A função que rege o fenômeno pode ser de fato considerada linear?
 - ▶ Houve algum ponto que ficou muito destoante dos outros? O que pode ter ocorrido? Erro de medição? Interferência experimental?
- 

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:

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

Resultados a partir da linearização

- A partir da linearização será obtido:

$$a = (a \pm \sigma_a) \text{ m/s}^2$$

- Para obter g :

- $a = \frac{g}{4\pi^2}$

- $g = 4\pi^2 a$

- $g = (g \pm \sigma_g) \text{ m/s}^2$

- σ_g : através da propagação dos erros

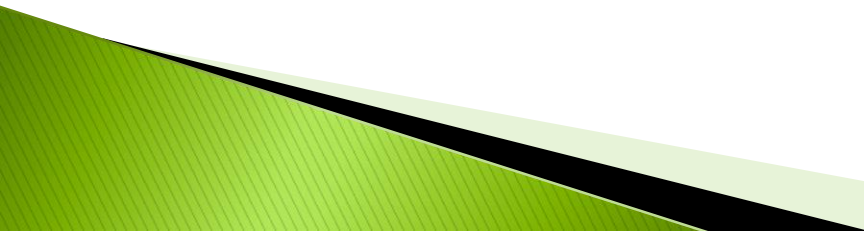
Resultados a partir da linearização

- Comparar $g = (g \pm \sigma_g)$ m/s² com g teórico através do E%:

$$E\% = \left| \frac{g_{teo} - g_{exp}}{g_{teo}} \right| \cdot 100$$

- O E% também deve ser apresentado com apenas **2 algarismos significativos!!**

Resultados a partir da linearização

- **Todos os cálculos devem estar explícitos no relatório!!!!** (os cálculos podem ser feitos a mão e anexados ao relatório)
 - Não serão aceitos resultados obtidos computacionalmente.
 - Os resultados finais devem ser sempre apresentados com sua incerteza, unidade de medida e algarismos significativos ajustados.
- 

Relatório completo (entrega: 04/05)

1. Objetivo
2. Materiais utilizados
3. Introdução teórica (Dedução da expressão do T do pêndulo simples, pela aplicação das Leis de Newton)
4. Procedimento experimental (relatar os cuidados tomados para diminuir as interferências e incertezas)
5. Resultados e discussão (dados obtidos, tabelas, cálculos, gráficos, etc., discussão dos gráficos, comparação e discussão com o valor teórico)
6. Conclusões
7. Bibliografia