

# **Introdução às Medidas em Física**

**4300152**

**12<sup>a</sup> Aula**

# Experiência VII: Cordas Vibrantes

## Objetivos:

Estudar os modos de vibração de uma corda presa em suas extremidades. Um exemplo de sistemas como esse são os instrumentos musicais de corda

## Análise de dados

**Análise gráfica – escala logarítmica**

**Dedução empírica de uma lei física**

# As frequências de ressonância dependem de que parâmetros?

**Assim, os parâmetros principais são**

**Modo de vibração ( $n$ )**

**Comprimento do fio ( $L$ )**

**Densidade ( $\mu$ )**

**Vamos usar a densidade linear  $\mu = m / L$**

**Tensão aplicada ( $T$ )**

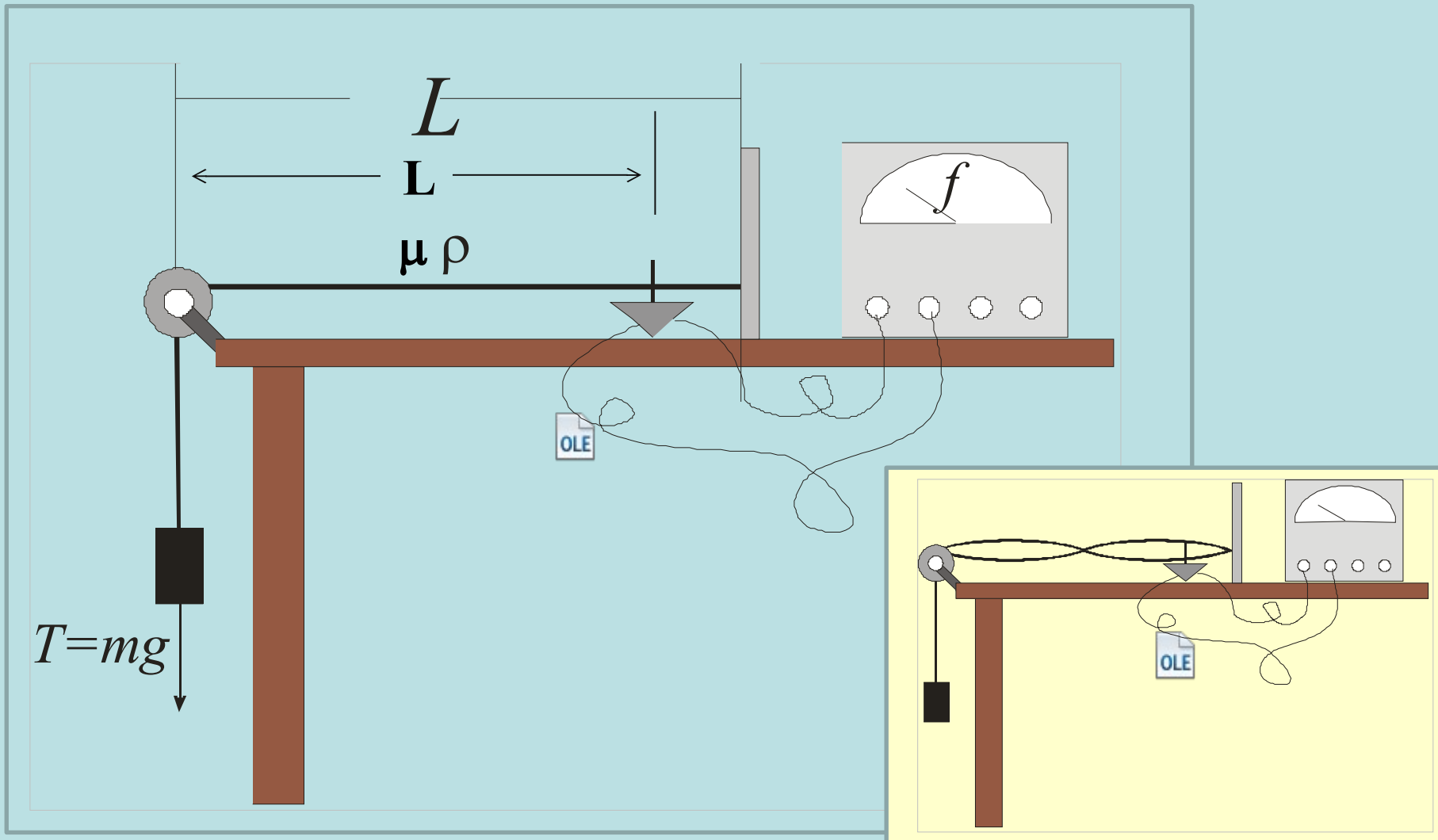
**Como correlacionar a frequência com esses parâmetros?**

**Tomar os dados e analisá-los**

**Fixar todos os parâmetros, menos um deles**

**Estudar variação da frequência com este parâmetro**

# Arranjo experimental



# Procedimento experimental

Quatro parâmetros a serem estudados:

*$n$ ,  $L$ ,  $\mu$  e  $T$*

**Primeira aula:**

**Dependência da frequência com  $n$**

Fixos:  $\mu$  do fio de nylon, comprimento do fio e massa

**Dependência da frequência com  $T$  (massa)**

Fixos:  $\mu$  do fio de nylon, comprimento do fio e  $n$  (2)

**Segunda aula:**

**Dependência da frequência com  $\mu$**

**Dependência da frequência com  $L$**

Manter fixos os parâmetros restantes

# Análise dos dados

Como obter uma expressão para a frequência de ressonância?

Hipótese:

Supor que a frequência depende de um parâmetro como uma potência deste parâmetro

$$f(x) = A \cdot x^b$$

No caso dos nossos parâmetros, supor uma combinação de potências

$$f_n = C n^\alpha L^\beta T^\gamma \mu^\delta$$

# Análise dos dados

Determinar os valores dos coeficientes  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  a partir dos dados. Como?

Para um determinado parâmetro, com todos os outros fixos, podemos escrever que:

$$f(x) = A \cdot x^b$$

Por exemplo: para todos os parâmetros fixos e variando apenas  $n$  :

$$f_n = B n^\alpha$$

$$B = cte = C L^\beta T^\gamma \mu^\delta$$

# Análise dos dados

Fixar todos os parâmetros e variar somente  $n$  :

$$f_n = B n^\alpha \text{ onde:}$$

$$B = cte = CL^\beta T^\gamma \mu^\delta$$

Como determinar  $B$  e  $\alpha$ ?

Extrair o logaritmo da expressão acima:

$$\log(f_n) = \log(B n^\alpha)$$

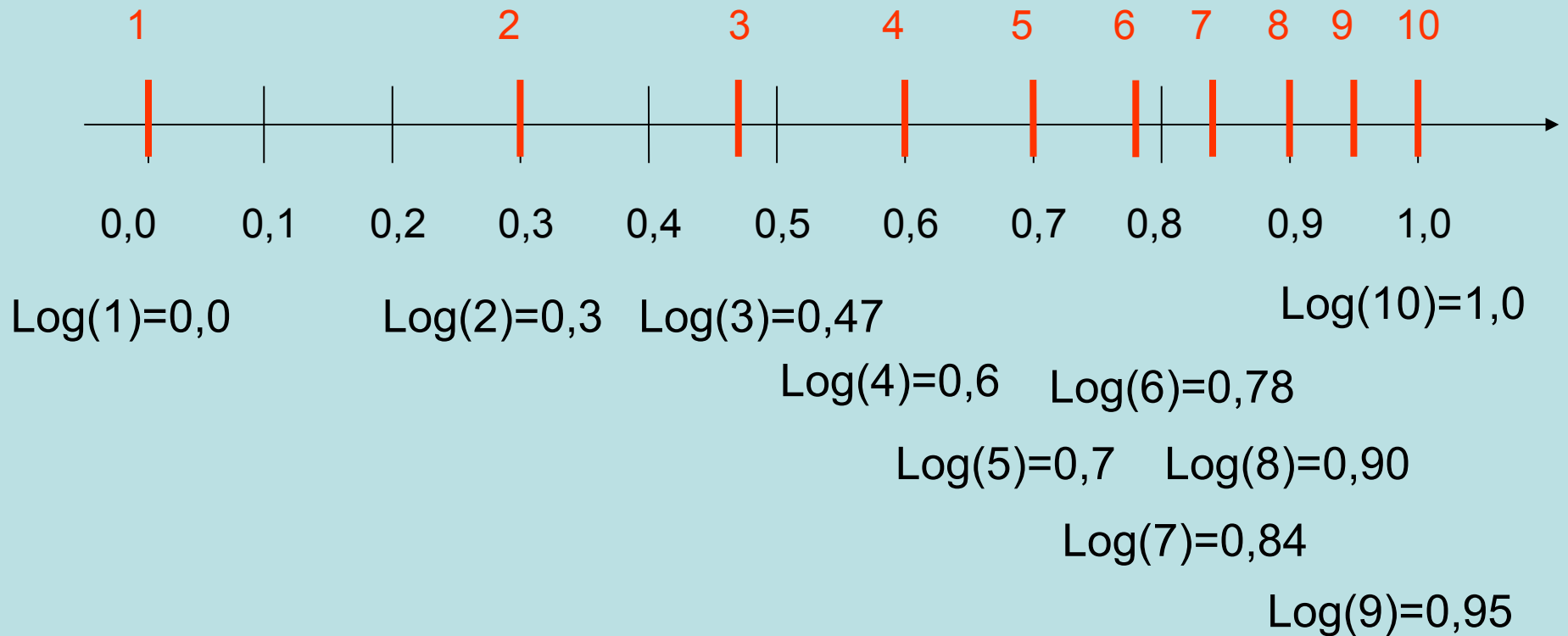
$$\log(f_n) = \log(B) + \alpha \cdot \log(n) \quad \text{É uma reta}$$

$$y = a + b \cdot x$$

$$y = \log(f_n) \quad x = \log(n) \quad a = \log(B) \quad b = \alpha$$



# Escala Logarítmica



# Análise dos dados

**Fazer o gráfico di-log das frequências de ressonância como função dos parâmetros medidos:**

*$f$  vs  $\mu$*

*$f$  vs comprimento*

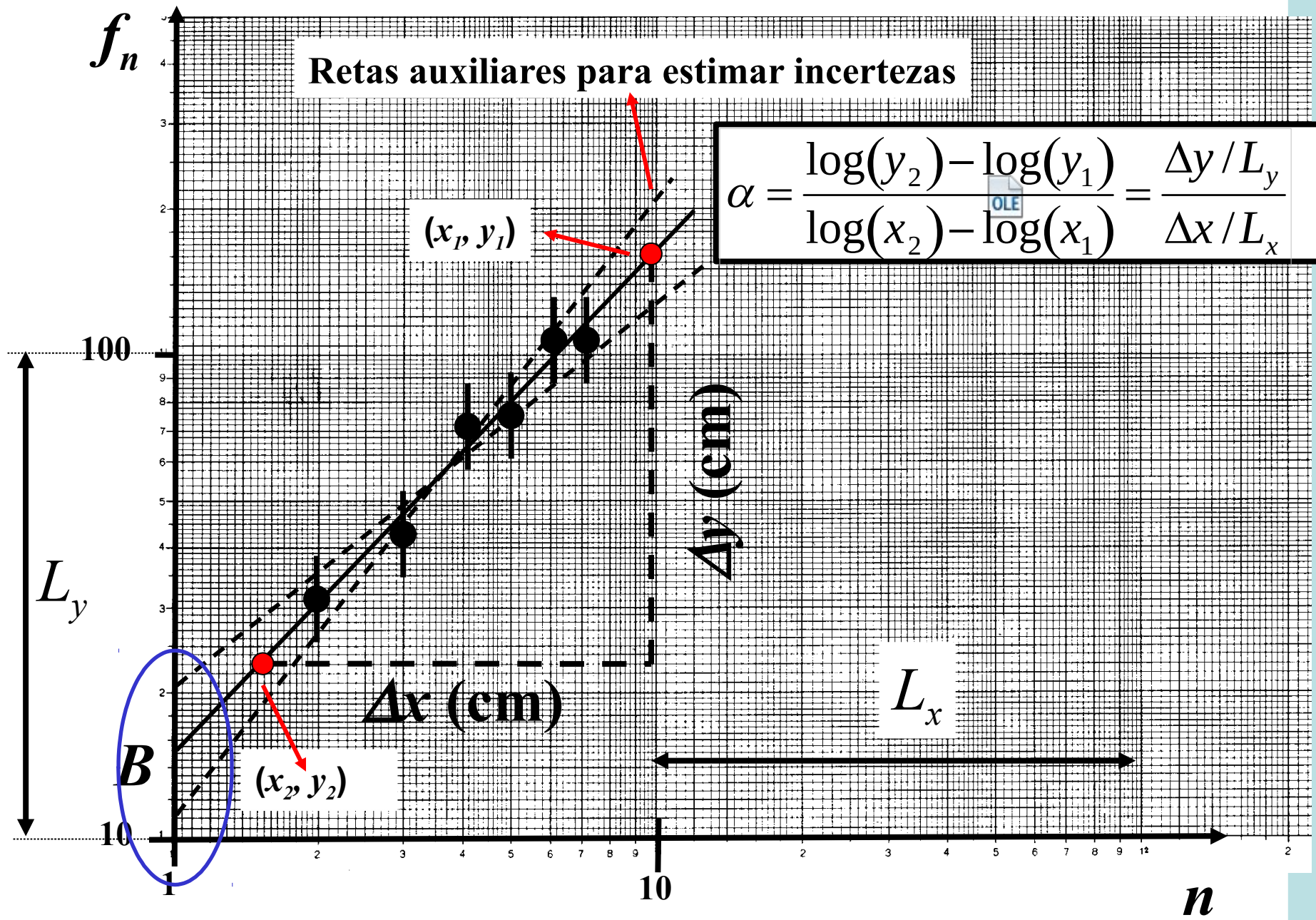
**Como obter o valor da constante C do ajuste de reta no papel di-log?**

**Obter o coeficiente linear da reta**

**Como na escala logaritmica?**

Retas auxiliares para estimar incertezas

$$\alpha = \frac{\log(y_2) - \log(y_1)}{\log(x_2) - \log(x_1)} = \frac{\Delta y / L_y}{\Delta x / L_x}$$



# Exemplo

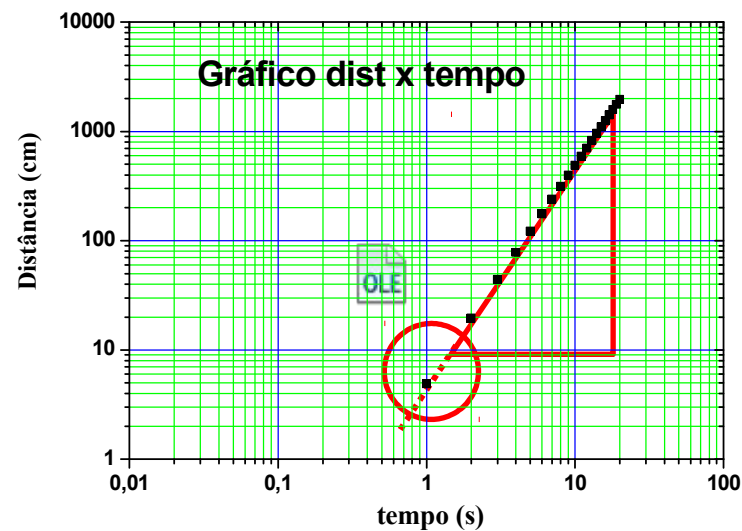
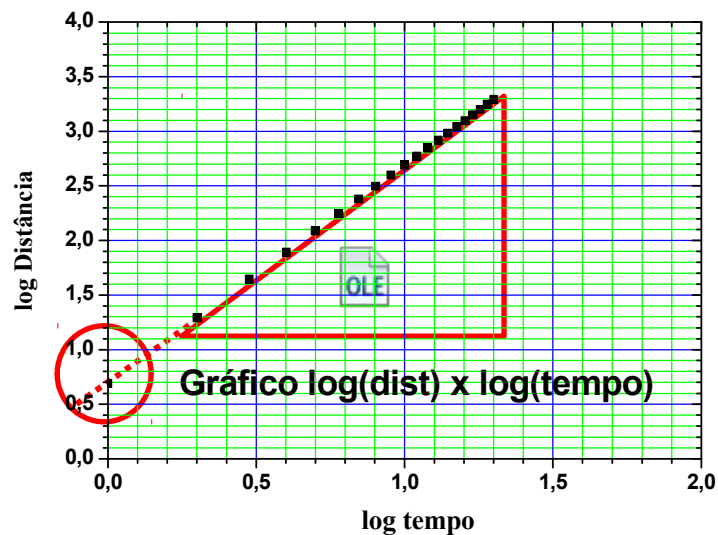
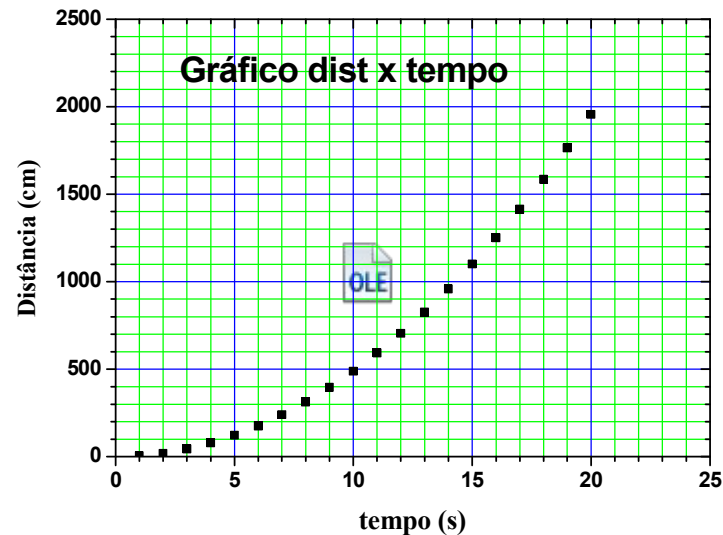
$$d = \frac{1}{2}gt^2$$

$$\log(d) = \log\left(\frac{1}{2}g\right) + 2\log(t)$$

$$y = a + b x$$

Log (dist) x log (t) - milimetrado  
Dist x t - di-log

Coef ang = 2



# Avaliar constante C

Variando n e mantendo outros parâmetros fixos

$$B = \frac{C T^\gamma}{L^\beta \mu^\delta} \quad \text{OLE} \quad C = \frac{B L^\beta \mu^\delta}{T^\gamma}$$

Para evitar derivação (maneira correta), faremos :

$$C^+ = \frac{(B + \sigma B)(L + \sigma L)^{\beta + \sigma\beta} (\mu + \sigma\mu)^{\delta + \sigma\delta}}{(T - \sigma T)^{\gamma - \sigma\gamma}}$$

$$C^- = \frac{(B - \sigma B)(L - \sigma L)^{\beta - \sigma\beta} (\mu - \sigma\mu)^{\delta - \sigma\delta}}{(T + \sigma T)^{\gamma + \sigma\gamma}}$$

# Relatório (completo)

**Resumo**

**Introdução**

**Descrição experimental + Medidas Exp**

**Procedimento + dados + incertezas**

**Análise de dados**

**Gráficos e ajustes de reta – derivação de expoentes e C**

**Discussão e conclusões**

**Qualidade dos ajustes + incertezas + métodos**