



Ciclo de Oficinas: Física Experimental 1

A Física Experimental 1 tem por objetivo apresentar as noções básicas do processo de obtenção e tratamento de resultados experimentais. Além disso, permite a experimentação envolvendo conceitos discutidos em Física 1.

Tipos de Incertezas:

Antes de entender cada tipo de incerteza é necessário compreender primeiramente o que é uma incerteza. A incerteza é um parâmetro associado ao resultado de uma medição que caracteriza dispersão dos valores que podem ser razoavelmente atribuídos a um mensurando.

Quando vamos medir uma mesa e falamos que ela possui 3,00m está errado. Por conta das limitações dos instrumentos de medida, não se pode afirmar com exatidão a precisão das medidas.

A incerteza de um número nem sempre é apresentada explicitamente, podendo ser representada pela quantidade de algarismos significativos de um número. Por exemplo: dizemos que a medida da capa de um livro é de 2,91mm, que possui 3 algarismos significativos. Com isso queremos dizer que os dois primeiros algarismos significativos são corretos, enquanto o terceiro dígito é incerto.

As incertezas podem ser abordadas em 3 categorias:

- **Incerteza do tipo A:**

Para saber identificar uma incerteza do tipo A é necessário saber calcular a flutuação (Δf) que é dada pela subtração entre o maior valor medido e o menor valor medido divididos por 2.

Figura 1 - Equação da flutuação.

$$\Delta f = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{2}$$

Outro valor a ser considerado é a resolução (Δr) do equipamento usado para a medição e é dividida em duas categorias:

- Nominal: é a menor divisão da escala do equipamento.
- Efetiva: é definida pelo fabricante.

Assim, uma incerteza é considerada do tipo A quando a flutuação (Δf) dos dados obtidos é **maior** que a resolução (Δr) do instrumento de medição utilizado. Normalmente são incertezas que podem ser avaliadas a partir da estatística clássica dos valores obtidos por medições diretas. Esse tipo de incerteza pode ser reportada por meio do cálculo da média aritmética e desvio padrão da média dos dados.

Figura 2 - Equação da média aritmética.

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Figura 3 - Equação do desvio padrão da média.

$$\sigma = \frac{\sigma_A}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n-1)}}$$

Outro meio de calcular a média e o desvio padrão é usando a calculadora científica do seguinte modo:

1. Resetar a calculadora pressionando as teclas: SHIFT → MODE → 3 → = → =
2. Colocar a calculadora no modo estatístico pressionando as teclas: MODE → 2 (S-VAR)
3. Digitar os valores, um de cada vez, e em seguida apertar a tecla M+. A tecla M+ deve ser pressionada cada vez que um dado for digitado.
4. Calcular a média aritmética pressionando as seguintes teclas: SHIFT → 2 (S-VAR) → 1 → =
5. Calcular o desvio padrão pressionando as seguintes teclas: SHIFT → 2 (S-VAR) → 3 → =

- **Incertezas do tipo B:**

Uma incerteza é considerada do tipo B quando a flutuação (Δf) dos dados obtidos é **menor** que a resolução (Δr) do instrumento de medição utilizado. Sendo assim, não é possível atribuir

uma aleatoriedade mensurável aos dados, impedindo que as incertezas sejam avaliadas a partir da estatística clássica. Então, as incertezas do tipo B são calculadas como a resolução do equipamento dividida por $\sqrt{3}$.

Figura 4 - Equação do cálculo da incerteza do tipo B.

$$u_x = \frac{\Delta r}{\sqrt{3}} \text{ unid}$$

- **Incertezas do tipo C:**

Trata-se da incerteza padrão obtida ao se utilizar incertezas padrões individuais associadas às grandezas de entrada num modelo de medição. Ocorre quando é necessário medir um valor de forma indireta. O cálculo desse tipo de incerteza se dá pela derivada parcial de f em função das grandezas já medidas e em seguida a aplicação dos resultados das derivadas na equação de propagação de erros.

Figura 5 - Equação de propagação de erros

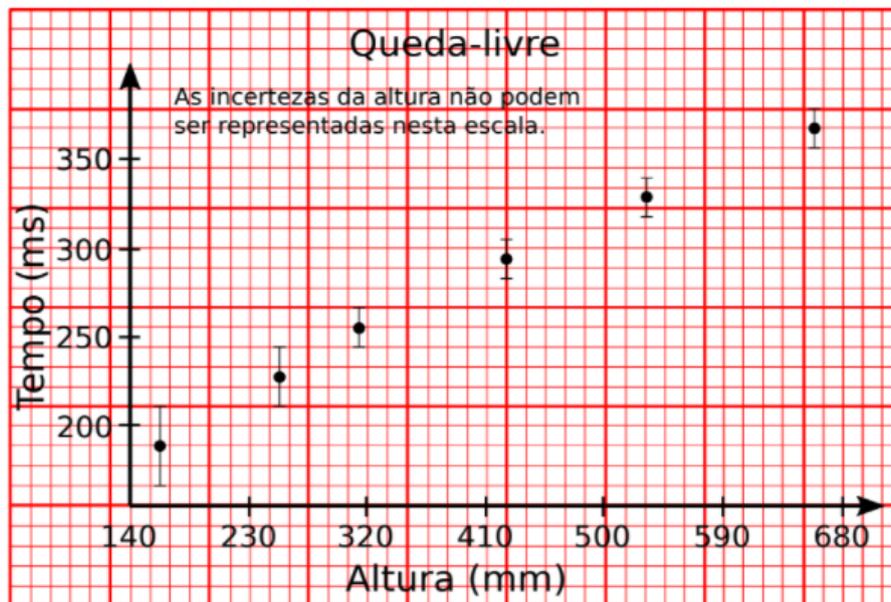
$$\sigma_Y = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left[\frac{\partial F}{\partial x_i} \right]^2 \sigma_i^2}$$

Análise de Gráficos:

Gráficos são uma forma de simplificar os resultados experimentais. Sua montagem deve ser fiel aos dados obtidos, e para isso é necessário uma escala, que pode ser montada em folha milimetrada ou em softwares. Para que o gráfico esteja apto para interpretação ele deve cumprir alguns requisitos:

- Escala adequada;
- Eixos ordenados corretamente através da menor incerteza relativa (eixo x), acompanhados de suas respectivas unidades de medida;
- Títulos;
- Barra de erros;
- A região do gráfico deve ocupar 80% ou mais do espaço destinado para representação.

Figura 6 - Gráfico com os requisitos corretos.



Regressão Linear:

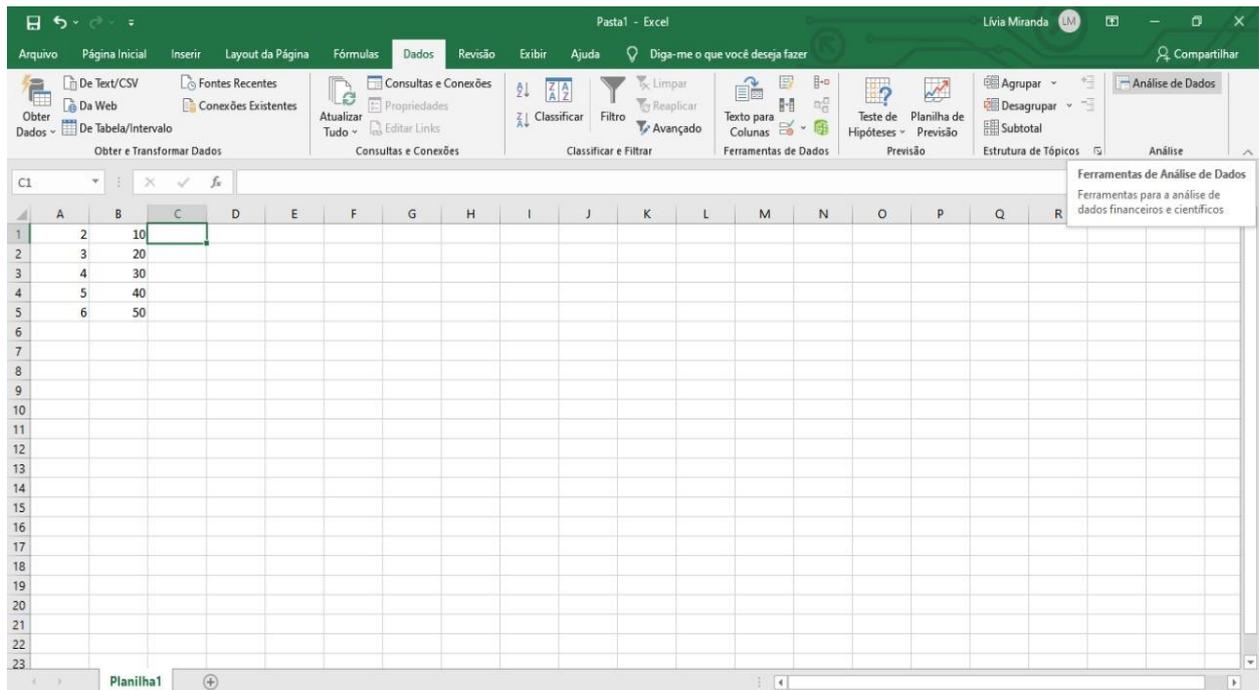
A regressão linear é uma análise estatística que permite a aproximação dos resultados obtidos experimentalmente através de uma linearização desses dados ($y=Bx+A$). A regressão fornecerá os parâmetros A e B relacionados à expressão $y=A+Bx$, em que B é o declive da reta e A representa sua ordenada na origem. A regressão pode ser calculada tanto pela calculadora científica quanto pelo software Excel.

- **Calculadora científica:**

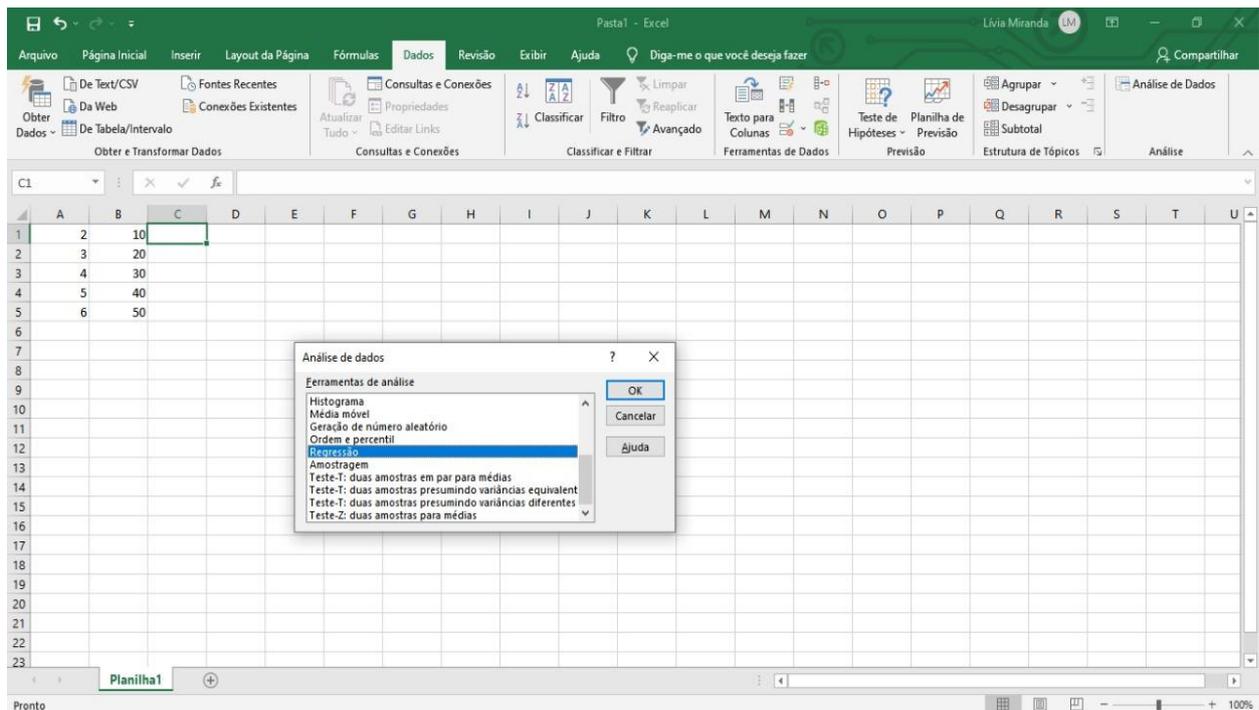
1. Resete a calculadora pressionando as seguintes teclas: SHIFT →MODE →3→=→=
2. Coloque a calculadora no estatístico pressionando as seguintes teclas: MODE→3→1
3. Insira os dados tanto dos valores de x quanto os valores de y. Após colocar o valor, aperte a tecla M+
4. Para obter A: SHIFT→2(S-VAR)→"direita"→"direita"→1
5. Para obter B: SHIFT→2(S-VAR)→"direita"→"direita"→2

- **Excel:**

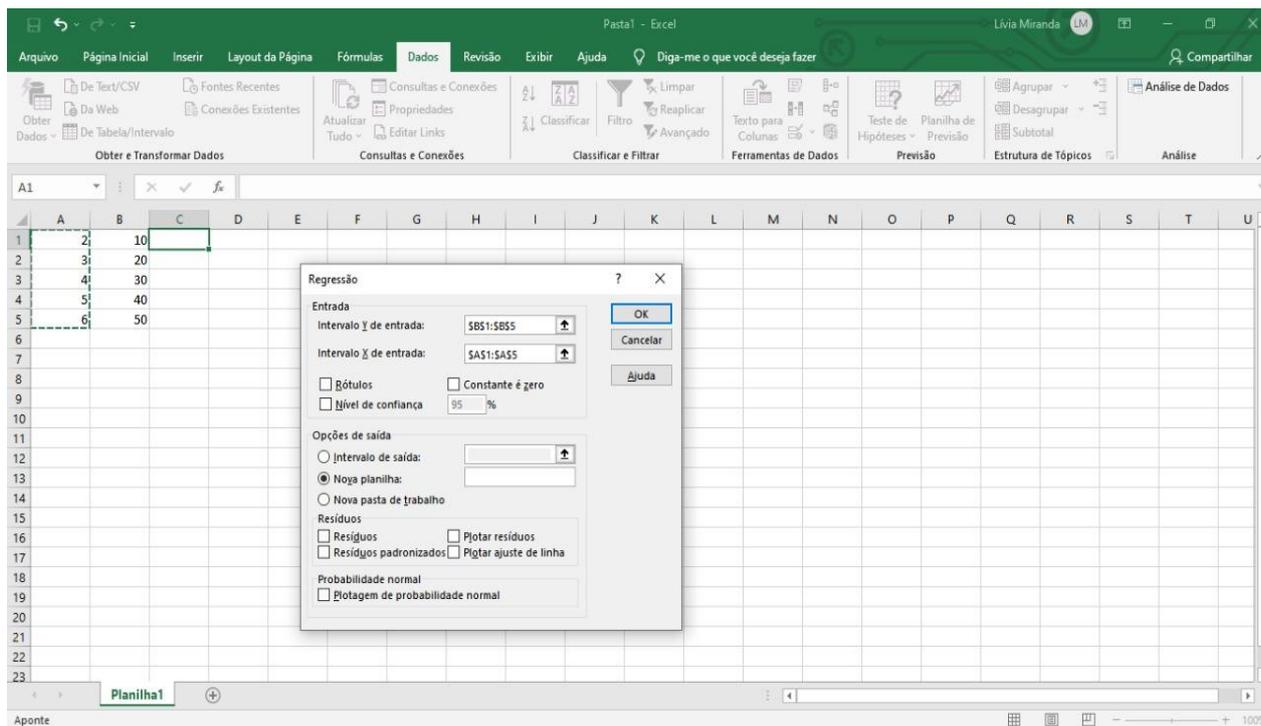
1. Coloque os dados referentes a x e y:



2. Clique em “análise de dados”→”regressão”→”ok”:



3. Configure a regressão → aperte em “ok”:



4. Obtenha os resultados de A e B, que pode ser encontrado na última tabela com o nome de “erro padrão”, também chamado de desvio padrão ou incertezas de A e B:

