ERROS DE MEDIDAS - ALGARISMOS SIGNIFICATIVOS

Todas as medidas experimentais têm algum erro, desvio ou imprecisão da medida. Há erros acidentais, sistemáticos, etc. O mais importante para nós é o erro devido ao limite de precisão do instrumento de medida. Esse erro não pode ser evitado e qualquer resultado experimental relatado sem tomá-lo em conta é considerado um resultado de má qualidade. Por isso, os resultados das medidas devem ser expressos de modo tal que se possa avaliar a precisão com que elas foram feitas (ou calculadas).

Tomemos como exemplo a medida de um certo comprimento (aproximadamente 8 mm) com uma régua comum. A régua é graduada em milímetros; com algum esforço, você pode ler, talvez, os *décimos* de milímetros, mas não os *centésimos*. Entretanto você nunca teria realmente certeza se a leitura dos décimos é de 0,3 ou 0,4 mm. O que você realmente vê é que está um pouquinho abaixo da metade ($< 0,5$ mm) e parece estar um pouquinho acima de $\frac{1}{4}$ (0,25 mm). Pode-se então escrever o resultado da *leitura* como $8,3 \pm 0,2$ mm. Podemos considerar este mesmo resultado como sendo a *medida do comprimento* em questão? Não podemos fazer isso por uma razão: a medida do comprimento com uma régua envolve, necessariamente, *duas* leituras: a leitura do zero e a leitura final feita acima. Se você cometer um erro de $\pm 0,2$ mm em uma das leituras, pode igualmente cometê-lo na outra, e o erro total possível será de 0,4 mm. Como existe a possibilidade de cometer os dois erros em qualquer das possíveis relações de sentido, o erro total possível será a soma dos dois (em valor absoluto). Então, o *comprimento* a ser relatado é de $8,3 \pm 0,4$ mm. Na prática, medindo com uma régua comum, é difícil conseguir uma precisão maior do que $\pm 0,5$ mm.

Esse valor ($\pm 0,5$ mm) é chamado de *erro absoluto* da medida. Usando a mesma régua e procedendo da mesma maneira, o erro absoluto será o mesmo para qualquer comprimento menor do que a régua (se o comprimento for maior do que a régua será necessário marcar e mover a régua, aumentando o número de leituras e acrescentando ainda os erros de marcação).

Em várias circunstâncias é muito útil considerar também o *erro relativo*, que é a razão do erro absoluto para o valor da medida, geralmente dado na forma de porcentagem. Para o caso da medida usada no exemplo, temos:

$$\textit{erro relativo} = x \ 100 = \pm 6\%$$

Usando a mesma régua e o mesmo procedimento, como o erro absoluto permanece o mesmo, o erro relativo será menor para medidas maiores. Por exemplo, para $29,65 \pm 0,05$ cm: *Erro relativo* = $x \ 100 = \pm 0,17\%$.

Algarismos Significativos

O número que representa a medida de uma propriedade não pode ter uma quantidade qualquer de algarismos, ele deve conter apenas algarismos que representem realmente a precisão com que a medida foi feita, ou seja, todos os algarismos devem ter um significado. Introduzimos assim o conceito de

algarismos significativos, procurando indicar que nem todos os algarismos que aparecem na representação de uma medida ou no resultado de uma operação matemática têm significado científico.

Assim, os resultados experimentais têm obrigatoriamente que ser escritos com o número correto de algarismos significativos.

Os *Algarismos significativos*, com exceção dos zeros localizados à esquerda, são todos os demais algarismos de um número e serão interpretados pelo leitor como resultados de medidas.

Quando se escreve 6,41 mL quer-se dizer que a imprecisão (a dúvida da medida de volume) está no último algarismo "1". É errado escrever que 6,41 mL = 6,410 mL, pois neste último caso a dúvida está no milésimo de centímetro e não em centésimo como no primeiro caso.

A situação se complica um pouco se aparecem zeros no início ou no fim do número. Os zeros que aparecem no início não são significativos, pois indicam simplesmente a posição da vírgula. Assim, 0,003702 e 0,3702 têm o mesmo número de algarismos significativos (4): 3, 7, 0 e 2. Às vezes (não é sempre), os zeros que aparecem como últimas cifras indicam apenas a ordem de grandeza. Por exemplo, 74000 poderiam ter apenas dois algarismos significativos (7 e 4) e os três zeros indicam o milhar. Ou então, temos de fato cinco algarismos significativos: 7, 4, 0, 0 e 0. Para evitar confusões, costuma-se escrever o número em potências de 10: 74×10^3 significa que temos dois algarismos significativos. Se os algarismos significativos fossem cinco, dever-se-ia escrever: 74000. O uso de potência de 10 é indispensável quando tratamos com grandezas muito pequenas ou muito grandes: $6,022 \times 10^{23}$; $6,63 \times 10^{-34}$ j.s. etc. Portanto, quando se escreve um número em potência de 10, o primeiro fator deve indicar os algarismos significativos e o segundo nos diz de quantos zeros se deve deslocar a vírgula.

Para se saber quantos algarismos significativos existem em um número que expressa a medida de uma propriedade, deve-se proceder assim:

- i. O algarismo que fica mais à esquerda, diferente de zero, é o mais significativo,
- ii. Se não há vírgula, o algarismo que fica mais à direita, diferente de zero, é o algarismo menos significativo,
- iii. Se há vírgula, o último algarismo da direita é o menos significativo, mesmo que ele seja zero, iv. Todos os algarismos entre o mais e o menos significativo são significativos.

Durante os cálculos, pode-se trabalhar com um algarismo a mais, mas ao se apresentar o resultado final, deve-se usar o número correto de algarismos significativos, obedecendo às seguintes regras:

- Se o algarismo a ser cortado for maior que 5, soma-se 1 ao algarismo anterior,
- Se o algarismo a ser cortado for menor que 5, o algarismo anterior mantém-se inalterado,
- Se o algarismo a ser cortado for igual a 5, soma-se 1 ao anterior se ele for ímpar, mantendo-o inalterado se for par.

Operações Aritméticas com Resultados Experimentais

Soma e subtração envolvendo resultados experimentais são feitas normalmente, com todos os algarismos significativos. No resultado, porém, os algarismos à direita são conservados apenas se, nas colunas a que correspondem *todos* os valores somados possuírem algarismos significativos.

Exemplo. Dadas as medidas de 4 objetos: **60,4 cm ; 9,37 cm ; 32 cm ; 55,79 cm**, ao serem empilhados qual a altura total?

$$\begin{array}{r} 60,4 \\ 9,37 \quad + \\ 32 \\ \hline 55,79 \\ \hline 157,56 \end{array}$$

A resposta correta a ser dada é 158 cm (aproximação se o algarismo a ser cortado for maior que 5, soma-se 1 ao algarismo anterior)

-Multiplicações e divisões

Também são feitas com todos os algarismos. No resultado, porém, conserva-se apenas o número de algarismos significativos *igual* ao do operando que tenha o *menor* número de algarismos significativos. Exemplos:

$$\text{Quantidade de H}_2\text{O} = \frac{\text{Massa de H}_2\text{O}}{\text{Massa molar da}} = [1,965029142] = 1,97$$