UTILIZAÇÃO DE ALGARISMOS SIGNIFICATIVOS

Roberto Ribeiro da Silva

Nerilso Bocchi

Romeu C. Rocha Filho

Algarismos Significativos

No valor que se expressa a magnitude de uma grandeza através de uma unidade de medida, os algarismos conhecidos com certeza mais o algarismo duvidoso são denominados de algarismos significativos. Por exemplo, se ao medir o volume de uma amostra líquida numa proveta de 25 mL cuja menor divisão é 0,1 mL, encontrou-se no valor 17,24 mL, este resultado tem quatro algarismos significativos (os dígitos um, sete e dois são conhecidos com certeza e o quatro é o algarismo duvidoso - aquele que foi estimado).

O algarismo duvidoso sempre está na casa decimal na qual está o limite de erro do aparelho de medida utilizado. Como o limite de erro de uma proveta corresponde à metade de sua menor divisão, no caso da proveta acima mencionada este é de 0,05 mL; por isto que no valor 17,24 mL o dígito 4 corresponde ao algarismo duvidoso. Já no caso de um valor de massa igual a 7,241 g, medido numa balança cujo fundo de escala é 0,001 g (para balanças, o limite de erro é igual à menor divisão), os dígitos sete, dois e quatro são conhecidos com certeza e o um é o algarismo duvidoso.

Qual o número de algarismos significativos no valor dos limites de erro da proveta e da balança - 0,05 mL e 0,001 g, respectivamente? Note-se que 0,05 mL é igual a 5×10^{-2} mL e que 0,001 g é igual a 1×10^{-3} g = 1 mg; ao se expressar estas magnitudes de volume e de massa utilizando notação científica (potência de dez!) fica claro que tanto 0,05 mL como 0,001 g têm somente um algarismo significativo. Conseqüentemente, tem-se a seguinte regra: "se à esquerda de um número só houver zeros, estes zeros não são algarismos significativos".

Freqüentemente, é difícil decidir qual o número de algarismos significativos em valores que contém muitos zeros, por exemplo, em um volume igual a "500 mL" ou em uma massa igual a "200 g". Nestes casos, a decisão deve ser tomada levando em conta o limite de erro do aparelho utilizado. Assim, um volume de "500 mL" deve ser expresso como:

a) 500,0 mL = $5,00 \times 10^{2}$ mL, se a menor divisão da proveta utilizada for 1 mL;

b) 500 mL = 5,00 x 10^2 mL, se a menor divisão da proveta utilizada for 10 mL;

Já uma massa de "200 g" deve ser expressa como:

a) 200,00 g, se o fundo de escala da balança for centigrama, isto é, 0,01 g;

b) 200,0 g, se o fundo de escala da balança for decigrama, isto é, 0,1g;

c) 200 g, se o fundo de escala da balança for grama.

Nos casos acima, os valores de volume e de massa expressos temos seguintes significados: 500,0 ± 0,5 mL; 500 ± 5 mL; 200,00 ± 0,01 g; 200,0 ± 0,1 g e 200 ± 1 g, respectivamente. Note-se que em todos os casos o algarismo duvidoso (o último algarismo) está na mesma casa decimal que o limite de erro.

Uma vez sabido como expressar corretamente o valor da magnitude de uma grandeza de modo que ele contenha todos e somente os algarismos significativos, surge outro problema: como ficam estes algarismos significativos quando são realizadas operações aritméticas com eles e entre eles? Neste caso, há necessidade de se ater a certas regras, como será mostrado a seguir.

Operações com algarismos significativos

Seja o caso em que dois objetos foram pesados em balanças diferentes, obtendo-se as seguintes massas: m_1 = 6,3 g e m_2 = 2,14 g.

A magnitude da massa m_1 é conhecida com dois algarismos significativos; sabe-se com certeza que a massa está entre 6,2 e 6,4 g. Já a massa m_2 é conhecida com três algarismos significativos; neste caso, sabe-se com certeza que a massa está entre 2,13 e 2,15 g. Mas, qual é a massa total dos dois objetos? Bem, basta somar as duas massas individuais. Entretanto, cuidado, pois o algarismo duvidoso de m_1 está na faixa de décimo de grama enquanto que o de m_2 está na faixa de centésimo de grama (lembre que os valores de m_1 e m_2 foram obtidos com instrumentos diferentes). Como proceder neste caso (adição) e mais nos casos de subtração, multiplicação e divisão é o que será mostrado a seguir. Mas, para que isto possa ser feito, há necessidade de se conhecer algumas regras para o arredondamento de números.

(a) Arredondamento de números: muitas vezes, como será visto, a resposta a uma operação aritmética contém mais algarismos do que os significativos. Nestes casos, as seguintes regras devem ser usadas para arredondar o valor até o número correto de algarismos significativos.

i) Quando o algarismo seguinte ao último número a ser mantido é menor que 5, todos os algarismos indesejáveis devem ser descartados e o último número é mantido intacto.

Ex.: ao se arredondar 2,14 para dois algarismos significativos obtém-se 2,1; ao se arredondar 4,372 para três algarismos significativos obtém-se 4,37.

ii) Quando o algarismo seguinte ao último número a ser mantido é maior que 5, ou 5 seguido de outros dígitos, o último número é aumentado de 1 e os algarismos indesejáveis são descartados:

Ex.: ao se arredondar 7,5647 para quatro algarismos significativos se obtém 7,565; ao se arredondar 3,5501 para dois algarismos significativos obtém-se 3,6.

iii) Quando o algarismo seguinte ao último número a ser mantido é um 5 (seco!) ou um 5 seguido somente de zeros, tem-se duas possibilidades:

- se o último algarismo a ser mantido for ímpar, ele é aumentado de 1 e o 5 indesejável (e eventuais zeros) é descartado;

- se o último algarismo a ser mantido for par (zero é considerado par), ele é mantido inalterado e o 5 indesejável (e eventuais zeros) é descartado.

Ex.: ao se arredondar 3,250 para dois algarismos significativos obtém-se 3,2; ao se arredondar 7,635 para três algarismos significativos obtém-se 7,64; ao se arredondar 8,105 para três algarismos significativos obtém-se 8,10.

Note que neste caso, o último dígito do número arredondado sempre será par.

(b) Adição e subtração: o resultado de uma soma ou de uma subtração deve ser relatado com o mesmo número de casas decimais que o termo com o menor número de casas decimais. Por exemplo, os resultados das seguintes soma e subtração

$$\begin{array}{r} 6{,}3 \\ +\ 2{,}14 \\ \hline 8{,}44 \end{array} = 8{,}4 \qquad \text{e} \qquad \begin{array}{r} 90 \\ -\ 2{,}14 \\ \hline 87{,}86 \end{array} = 88$$

devem ser relatados com 8,4 e 88, respectivamente, pois 6,3 tem somente uma casa decimal e 90 nenhuma.

(c) Multiplicação e Divisão: o resultado de uma multiplicação ou de uma divisão deve ser arredondado para o mesmo número de algarismos significativos que o do termo com menor número de algarismos significativos. Por exemplo, os resultados das seguintes multiplicação e divisão

$$6,3 \times 2,14 = 13,482 = 13$$

$$6,3 \div 2,14 = 2,9439252 = 2,9$$

devem ser relatados com 13 e 2,9, respectivamente, pois o termo 6,3 tem somente dois algarismos significativos.

Para se ganhar tempo, os valores usados em uma conta envolvendo diversas etapas podem ser arredondados antes de se realizar as operações matemáticas. Cada termo que tem um número excessivo de algarismos significativos é arredondado de modo que fique com um algarismo significativo a mais que o termo, entre os envolvidos no cálculo, com menor número de algarismos significativos (que é o número de algarismos significativos que a resposta deverá ter). Por exemplo, o resultado do cálculo

$$13,428 \times [6,2/90,14356]$$

deve ser relatado só com dois algarismos significativos, já que o termo com menor número de algarismos significativos é 6,2. Assim, os outros termos podem ser arredondados até três algarismos significativos antes de se efetuar as contas, isto é

$$13,5 \times [6,2/90,1] = 0,928978 = 0,93$$

COMENTÁRIO ADICIONAL: A eliminação de dígitos por arredondamento ocorre em uma única etapa, e não por estágios. O arredondamento do número 3,457 para um algarismo significativo é 3. O processo por partes (3,457$\rightarrow$ 3,46 $\rightarrow$ 3,5 $\rightarrow$ 4) é incorreto, pois 3,457 está mais próximo de 3 do que de 4.