



CURIOSIDADES DA FÍSICA

José Maria Filardo Bassalo

www.bassalo.com.br

Calor e sua Medida: Calorímetros.

Durante milhões de anos, desde o seu aparecimento na Terra, o Homem só fazia distinção entre **quente** e **frio**, em decorrência da presença ou ausência do Sol. No entanto, por volta 500.000 anos atrás, ele descobriu o **fogo** e o usou para esquentá-lo, quando fazia **frio**, bem como para protegê-lo dos animais e cozer seus alimentos. Ele também não fazia distinção entre a **qualidade** (hoje, **temperatura**) e a **quantidade** (hoje, **quantidade de calor** ou simplesmente, **calor**) dessas sensações térmicas que experimentava. Por exemplo, ele não entendia porque tinha a mesma sensação fisiológica de “quentura”, tocando em ferro (Fe) quente ou em água congelada. Somente no Século 17 de nossa Era Cristã (d.C.), o Homem foi capaz de medir a **qualidade** da sensação de quentura ou de frieza que sentia, ao inventar dispositivos conhecidos como **termômetros** (vide verbete nesta série). Faltava, no entanto, saber como medir a sua **quantidade**. Conforme vimos em verbete desta série, em 1690, o filósofo inglês John Locke (1632-1704) idealizou uma experiência para mostrar que o sentido do tato pode levar a um interpretação falsa sobre a temperatura dos corpos. Suponha, disse ele, que uma pessoa mergulhe uma de suas mãos em água quente e a outra em água fria. Em seguida, suponha que ela coloque ambas as mãos em um recipiente com água morna. Esta lhe parecerá mais fria para a primeira mão e mais quente para a segunda.

No Século 18, em busca em entender como medir o **calor**, os cientistas realizaram uma série de experiências relacionadas com a determinação da temperatura de equilíbrio resultante da mistura de diferentes quantidades de água fria e quente. Por essa época, sabia-se que se fossem misturadas quantidades iguais de água em temperaturas diferentes, a temperatura da mistura seria a média aritmética entre elas. Se, no entanto, as quantidades de água fossem diferentes, a temperatura da mistura não seria mais aquela média.

Pois bem, em 1724, o médico holandês Hermann Boerhaave (1668-1738) escreveu o livro **Elementae Chemiae** (“Elementos de Química”) no qual afirmou que o **calor** se distribuía pelo volume e não pela massa dos corpos. Assim, se dois materiais (de volumes V_1 e V_2 e massas m_1 e m_2) são misturados em diferentes temperaturas (t_1 e t_2 , respectivamente), a temperatura de equilíbrio seria dada pela seguinte média ponderada: $t = (V_1 t_1 + V_2 t_2) / (V_1 + V_2)$. É interessante registrar que, em 1729, o físico sueco Samuel Klingenstierna (1698-1765) analisou a observação feita pelos cientistas da *Accademia del Cimento* (“Academia de Experimentos”), (fundada em 1657, em Florença, Itália) de que quantidades iguais e à mesma temperatura de líquidos diversos [p.e.: água (H_2O) e mercúrio (Hg)], elas eram incapazes de fundir igual quantidade de gelo (água no estado sólido). Em vista disso, Samuel apresentou a hipótese de que havia diferença entre **grau** e **quantidade de calor**. [A. Kistner, **Historia de la Física** (Editorial Labor, S. A., 1934); Armando Gibert, **Origens Históricas da Física Moderna: Introdução Abreviada** (Fundação Calouste Gulbenkian, 1982)].

Por sua vez, em 1747-1748 (*Novi Commentarii Academiae Scientiarum Imperialis Petropolitanae* 1, p. 152), o físico russo Georg Wilhelm Richmann (1711-1753) propôs que a temperatura de equilíbrio considerada por Boerhaave, conforme vimos acima, seria também uma média ponderada, porém tendo a massa como peso, ou seja: $t = (m_1 t_1 + m_2 t_2) / (m_1 + m_2)$. Em 1757, o químico escocês Joseph Black (1728-1799) realizou experiências sobre mistura de substâncias em temperaturas diferentes e observou que os resultados obtidos não se ajustavam com as propostas de Boerhaave e ou de Richmann. Por exemplo, ao misturar água a $78^{\circ}C$ com a mesma quantidade de gelo a $0^{\circ}C$, observou

que o gelo se fundiu todo se mantendo, no entanto, em 0 °C. Porém, pelas fórmulas de Boerhaave-Richmann referidas acima, a temperatura final deveria ser de 39 °C. Em vista disso, concluiu que as substâncias possuíam certo **calor latente** e que se manifestava nas mudanças de estado físico.

Por fim, em 1760, Black esclareceu a diferença entre grau (temperatura – t) e **quantidade de calor** (Q), ao observar que, em uma mesma t, um bloco de Fe parece mais quente que um bloco de madeira de igual volume, ou seja, para Black o Fe tinha mais capacidade de armazenar **calor** do que a madeira. Experiências desse tipo levaram Black a escrever que: - *Devemos, portanto, concluir que diferentes corpos, embora de mesmo tamanho ou de mesmo peso, quando submetidos à mesma temperatura ou grau de calor, podem conter diferentes quantidades de **matérias de calor***. Note que essa citação encontra-se em um livro escrito por o Black, **Lectures on the Elements of Chemistry** (“Conferências sobre Elementos de Química”), publicado postumamente, em 1803. Ver excerto desse livro em: William Francis Magie, **A Source Book in Physics** (McGraw-Hill Book Company, Inc., 1935).

Em 1772 (*Kungliga Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar* **33**, p. 97), o físico sueco Johann Wilcke (1732-1796) retomou o conceito **quantidade de calor** (Q) introduzido por Black, em 1760, e demonstrou que: *quantidades iguais [hoje: massa (m)] de substâncias distintas necessitam de diferentes quantidades de calor para a mesma elevação de temperatura ($\Delta t = t_2 - t_1$)*. Desse modo, podemos resumir os trabalhos de Black e Wilcke por intermédio da expressão conhecida como **Equação de Black-Wilcke**: $Q = C \Delta t = m c \Delta t$, onde C é a **capacidade calorífica** e c é o hoje conhecido **calor específico**, inicialmente definido por Black e seu assistente, o químico escocês William Irvine (1743-1787), como **afinidade para o calor, faculdade para receber o calor** ou **apetite para o calor**.

Esses conceitos caloríficos só se tornaram mais precisos por intermédio de várias experiências realizadas pelo matemático, físico e astrônomo francês Pierre-Simon, Marquês de Laplace (1749-1827) e pelo químico francês Antoine-Laurent Lavoisier (1743-1794). Com efeito, em 1780 [*Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de Paris (1780/1784)*, p. 355], eles demonstraram não ser constante o **calor específico**, uma vez que o mesmo variava com a temperatura. [Lazlo Tisza, **Generalized Thermodynamics** (The MIT Press, 1966)]. Foi ainda em 1780, que o físico português João Jacinto de Magalhães (1722-1790) escreveu o trabalho intitulado **Essai sur la nouvelle theorie du feu elementaire, et de la chaleur des corps avec la description des nouveaux thermometres**, no qual fez referências aos trabalhos de Wilcke e, provavelmente, tenha apresentado pela primeira vez o termo **calor específico** definindo-o como: - *A quantidade de calor absoluta que pertence a cada elemento*. Note que, em suas experiências, cujo objetivo era o de quantificar esses fenômenos caloríficos, Laplace e Lavoisier utilizaram um aparelho muito mais elaborado do que o de Black, e que recebeu de Lavoisier, em seu famoso livro intitulado **Traité Élémentaire de Chimie** (“Tratado Elementar de Química”), publicado em 1789, o nome de **calorímetro de gelo**. Com esse dispositivo, Lavoisier determinava as propriedades térmicas das substâncias. É interessante destacar que no livro citado acima, Lavoisier apresentou uma tabela contendo cerca de 30 elementos químicos, tabela essa que foi construída tendo como base o princípio de que *cada elemento de um composto pesa menos do que o composto como um todo*. (Kistner, op. cit.; Gibert, op. cit.).



ANTERIOR

SEGUINTE