

A Energia do Senso Comum*

1ª parte

Renato P. dos Santos

1. Introdução

A palavra ‘energia’ é de ocorrência frequente em nosso vocabulário, especialmente hoje em dia, dadas nossas preocupações com o esgotamento dos recursos energéticos e com a crescente utilização de energias ditas ‘alternativas’ para evitar a poluição do meio ambiente.

Deve-se notar, porém, que a utilização dada à palavra energia no quotidiano nem sempre corresponde à definição que lhe é dada no âmbito científico. Tal fenómeno de linguagem é comum e ocorre também para várias outras palavras, tais como ‘força’, ‘trabalho’, etc., apenas para não sair do âmbito da Física. Assim, por exemplo, são comuns expressões como ‘gastar energia’, ‘armazenar energia’ e ‘produzir energia’, as quais não têm sentido para um físico.

O resultado é o leitor de uma frase num texto científico assimilá-lo na acepção comum da palavra, a qual possivelmente está distante daquela que o autor pretendia. Pode acontecer que uma notícia referente à questão ecológica, por exemplo, não seja completamente compreendida, o que pode dar margem a sermos fortemente manipulados pela comunicação social. E note-se ainda que a Publicidade, intencionalmente ou não, faz largo uso da conotação positiva que atribuímos a essa palavra para nos induzir a consumir produtos tais como alimentos que ‘dão força e energia’, cosméticos e roupas que têm cor ‘energética’, etc.

Como Solomon¹ aponta, essa forma de conhecimento ‘socializado’ não pode ser eliminada. Na verdade, tanto um cientista quanto um estudante devem ser capazes de pensar em ambos *domínios de conhecimento*, científico e de senso comum, por forma a manterem sua capacidade de comunicação com as pessoas em geral. Para isso, será necessário, todavia, estarem bem conscientes da existência desses dois domínios e dos significados distintos das palavras em cada um deles.

Discutiremos nesta primeira parte, de forma breve, o conceito de energia no contexto científico.

2. O Conceito de Energia

Na história da Filosofia, o termo ‘energia’ já foi usado com um sentido equivalente a ‘atividade’, ‘ato’ e ‘força’. Na filosofia escolástica era designado pelos termos ‘*virtus*’ e ‘*vis*’. Não é, portanto, de estranhar que ‘energia’ seja comumente utilizado como sinónimo de ‘força’ ou de ‘potência’. Também não é de se estranhar que lhe seja associada a ideia de que é uma virtude ou propriedade do objecto ou ser.

* *Cadernos da Casa Humana* (Casa Humana - Associação Portuguesa de Ecologia Social e Urbana), Almada, Portugal, ano I, n. 1, pp. 21-24, set.-dez. 1999

¹ SOLOMON, Joan, *Learning about Energy: How Pupils Think in Two Domains*, Eur. J. Sci. Educ. 5(1):49-59, 01-03/1983, p. 50.

Embora deva-se a Kepler² a introdução no século XVII do termo ‘energia’ na Física e a sua distinção dos conceitos próximos de ‘força’ e ‘trabalho’, sua definição moderna data do século passado.

O conceito de energia emergiu do estudo de sistemas simples como a queda dos corpos e o pêndulo. Huyghens e Leibniz no século dezassete assumiram que um corpo ao cair livremente de uma certa altura adquiriria a mesma *vis motrix*, ou «força motiva», necessária para subir à mesma altura³. Quando parado no ponto mais alto, ao corpo estaria associada uma certa *vis morta*, «força morta» ou «energia potencial» ou de posição. Enquanto em movimento, o corpo possuiria uma *vis viva*, ou «força viva», como ainda se vê em alguns manuais antiquados de Física, mais correctamente denominada «energia cinética» ou do movimento. Durante todo o processo de queda, todavia, à medida que diminuiria a altura e, conseqüentemente, a energia potencial, aumentava a velocidade e a energia cinética na mesma proporção, de forma que a energia total, dita mecânica, manter-se-ia constante, i.e., tratava-se de uma quantidade conservada.

Nessa altura, só se conhecia a transferência de energia em forma de trabalho, isto é, através de forças que levariam de deslocamentos, como levantar um peso ou deformar um corpo. Com a demonstração da equivalência entre calor e trabalho, o conceito foi estendido. Mais correctamente, trabalho passou a ser considerado como uma das formas de transferência de energia, sendo o calor a outra. A definição simplista de que ‘a energia é a capacidade de realizar trabalho’ foi então refutada, com base nas Leis da Termodinâmica. Apesar disso, ainda é da maneira antiga que muitos livros definem energia e continuam a confundir calor com energia, denominando-a ‘energia térmica’. Ênfase: calor é uma forma de transferência de energia. É desafio o leitor a verificar em qualquer livro de Física, de Química, dicionário ou enciclopédia que tenha à mão! Nos últimos anos, felizmente, têm aparecido livros texto que tentam evitar a definição da energia como um conceito físico simples; antes usam um processo construtivista, uma variedade de abordagens discutindo as várias formas de energia, as várias transformações e a lei da conservação da energia.⁴

À medida que outras áreas da Física foram-se desenvolvendo, o conceito de energia foi sendo estendido, englobando outras formas, de maneira que existisse sempre uma quantidade conservada. Assim introduziram-se a «energia eléctrica», a «energia química», etc. Sempre que um sistema novo parecia violar o princípio de conservação, era possível definir-se uma nova forma de energia e o princípio de conservação mantinha-se. Na verdade, a evolução do conceito de energia e o do princípio de conservação seguiram caminhos paralelos. Somente após muitos sistemas diferentes terem sido estudados e ter-se sempre encontrado neles uma quantidade que se mantinha constante, os cientistas reconheceram a importância geral e da utilidade do conceito de energia e do seu princípio de conservação. Um exemplo interessante foi quando se descobriu a radioactividade no começo deste século – um elemento químico que emitia radiações sem aparente consumo de energia de qualquer outra forma – Foi necessário introduzir o conceito de energia nuclear, cuja variação em alterações de estados nucleares por transições radiactivas era emitida em forma das

² KEPLER, Johannes, *Harmonices Mundi*, Augsburg, 1619, pp. 122, 163-164.

³ DUGAS, René, *A History of Mechanics*, Ed. du Griffon, Neuchâtel, 1955, p. 219.

⁴ TRUMPER, Ricardo, *Energy and a Constructivist Way of Teaching*, Phys. Educ. **25**(4):208-212, 1990, p. 209.

tais radiações. Outro ainda mais espectacular foi quando analisando o espectro de emissão de radiação beta (electrões) por núcleos de certos elementos, havia aparentemente uma perda de energia que não se podia atribuir a nenhuma forma de dissipação conhecida. Pauli e Fermi entre 1930 e 1934 propuseram, então, que havia uma outra partícula elementar, electricamente neutra e dificilmente detectável, que levaria a energia ‘perdida’ em forma de energia cinética. Foi chamada, então, ‘neutrino’ (pequena neutra, em italiano) e em 1955-56 Reines e Cowan conseguiram demonstrar sua existência em uma experiência altamente sofisticada.

Possivelmente o maior problema com o conceito de energia é ser um conceito puramente teórico. De facto, ao contrário do que se possa pensar, a energia não pode ser medida. Não podemos medir a energia associada ao movimento de um carro, nem a energia que será libertada numa reacção química, nem mesmo na queima de um combustível. Só podemos calculá-la a partir de quantidades observáveis, tais como velocidades, massas, distâncias, cargas eléctricas, temperaturas, etc. A energia não pode ser definida operacionalmente. Não podemos medir a energia associada a uma pedra colocada a uma certa altura, nem a energia associada ao seu movimento de queda; apenas podemos medir sua massa, a altura inicial e o tempo que levou para cair. No entanto, o conceito de energia pode ser utilizado para obter relações de equivalência entre formas de energia. Graças ao princípio de conservação, mesmo no caso de uma sequência complicada de transformações, pode-se obter o resultado final sem que se tenha que realizar o cálculo detalhado de cada etapa. Normalmente o princípio da conservação da energia é expresso como “A energia nunca é criada nem destruída.” Todavia, com esta redacção, o princípio não dá indicação de sua utilidade prática. Recomenda-se⁵, então ser expressado como “A energia nunca é criada nem destruída – sempre há a mesma quantidade de energia no fim que no início.” Desta forma, em qualquer problema de Física que se aplique, está explícito como pode ser utilizado: se se sabe a energia total do sistema num instante, iguala-se-a à energia total em outro.

3. Armazenamento de energia

Note-se que o princípio de conservação é facilmente confundido com a ideia de ‘armazenamento’ de energia no interior de um sistema material.

No século dezassete formou-se a ideia de que o trabalho que um sistema podia realizar era ‘armazenado’ de alguma maneira no interior do próprio sistema e que o ‘trabalho armazenado’ era sempre igual ao ‘trabalho realizado’.

Não sabemos o que a energia é. Todavia, se falamos que a energia pode ser armazenada, está-se assumir que sabemos o que é – “como queijo armazenado no frigorífico, talvez”, na pitoresca imagem de Benyon⁶. Benyon pergunta, então, ‘como a energia é armazenada no objecto e onde?’ , questões a que um professor de Física não saberá responder.

Como já foi dito acima, ‘energia’ é uma quantidade abstracta, um conceito inventado por conveniência do estudo da Natureza. Como se pode então, armazenar uma abstracção⁷. E, comparando energia com os números, outra abstracção, como se

⁵ SOLOMON, Joan, *Teaching the Conservation of Energy*, Phys. Educ. **20**(4):165-170, 07/1985, p. 169.

⁶ BEYNON, John, *Some Myths Surrounding Energy*, Phys. Educ. **25**(6):314-316, 11/1990, pp. 314-315.

⁷ WARREN, John W., *At What Stage Should Energy Be Taught?*, Phys. Educ. **21**(3):154-155, 05/1986.

pode armazenar um número?⁸ Pode-se evidentemente armazenar objectos em forma de números ou quantidades de objectos correspondentes a números, mas não os números em si. Benyon⁹ sugere, então, que a ideia do armazenamento de energia decorre da energia ser tratada não como um conceito físico abstracto mas como algo real, como um fluido ou um combustível que possa ser armazenado ou transferido de um corpo a outro.

Frequentemente o conceito de armazenamento de energia refere-se a combustíveis, como se houvesse energia, geralmente referida como energia química, armazenada no combustível. Um exemplo é ilustrativo¹⁰: Um pedaço de carvão, não possui energia química neste sentido pois não pode, por si só, ser transformado em gás carbónico e libertar energia. O que ocorre é que a mistura inicial do carvão e oxigénio está num estado energético mais alto que o produto da combustão, gás carbónico, tal como a pedra antes de cair estava numa posição mais alta. Durante sua queima, os átomos de carbono reagem quimicamente com as moléculas de oxigénio do ar num processo exotérmico, o que significa que a diferença positiva no valor da energia química do sistema é transferida para o meio ambiente em forma de calor, neste caso, aquecendo o ar circundante, por exemplo. Note-se, todavia, para que essa reacção de combustão aconteça, é necessário que a mistura seja aquecida a 750 °C, isto é, é necessária a transferência energia em forma de calor à mistura de carvão e oxigénio antes que a reacção aconteça, mais um motivo para não fazer sentido dizer-se que ‘o carvão tem energia’.

Outra analogia fornecida por McClelland¹¹ é interessante: Se algo será armazenado em sentido metafórico, deverá estar associado a algo material que possa ser armazenado fisicamente. Assim, podemos armazenar combustíveis e podemos armazenar livros; mas há tanto sentido falar em armazenar energia quanto armazenar informação. Um livro não contém informação mas apenas manchas de tinta sobre folhas de papel – cabe a um leitor, que aprendeu a reconhecer aquelas manchas de tinta como letras e palavras e a associar palavras a conceitos, ‘extrair’ informação do livro. Se o leitor não dominar a língua em que o livro está escrito, não será capaz de realizar este processo. Pelo mesmo motivo, um computador com *scanner* não é capaz de ler uma página impressa: o que consegue apenas é através de um programa de reconhecimento de caracteres e por meio de um certo código ‘traduzir’ as manchas de tinta em gravações magnéticas num disco rígido. Quem não souber ler nem usar um computador não consegue extrair informação de nenhuma das duas formas de ‘armazenamento’. É preferível, assim, reservar a palavra ‘armazenar’ para coisas físicas como combustíveis e falar de energia apenas em termos de processos de transformação e troca.

Na próxima parte, discutiremos o conceito de energia no contexto quotidiano e tentaremos chegar a algumas conclusões.

⁸ BEYNON, John, *Some Myths Surrounding Energy*, Phys. Educ. **25**(6):314-316, 11/1990, pp. 314-315.

⁹ BEYNON, John, *Some Myths Surrounding Energy*, Phys. Educ. **25**(6):314-316, 11/1990, pp. 314-315.

¹⁰ BEYNON, John, *Some Myths Surrounding Energy*, Phys. Educ. **25**(6):314-316, 11/1990, pp. 315-316.

¹¹ McCLELLAND, Gerry, *Energy in School Science*, Phys. Educ. **24**(3):162-164, 05/1989, pp. 163-164.