

Informação e termodinâmica

A informação não existe fora de um suporte material – esta tem sido matéria de disputa que poderá estar agora finalmente ultrapassada.

Hipótese proposta por Rolf Landauer, em 1961, foi por ele várias vezes retomada (ver *The physical nature of information*, *Physics Letters A*217, 1996).

Segundo publicação recente na revista *Nature*, a predição de um limiar mínimo de energia dissipada em computação passou o teste experimental realizado por investigadores alemães. Estes montaram um delicado dispositivo em que uma partícula microscópica podia saltar entre dois poços separados por uma barreira de altura ajustável (dispositivo configurando um dígito binário - bit).

Eles observaram que, no limite de muita baixa taxa de comutação ou reposição da partícula entre os dois estados, o calor libertado tendia para cerca de kT – exatamente $\sqrt{2} kT$, onde T é a temperatura (em Kelvin) e k é a constante de Boltzmann. Apagar (ou adicionar) informação corresponde a fazer colapsar dois estados quânticos possíveis da partícula em um único observável.

Há poucos anos, investigadores japoneses haviam já testado positivamente a hipótese de Landauer por outra via. Mediante um outro dispositivo, constituído por uma espiral ascendente de degraus e uma partícula microscópica. Conseguiram conduzir a partícula, animada de agitação térmica, a subir de degrau em degrau, deste modo acumulando energia potencial à custa da informação sobre a respetiva posição, informação esta utilizada para seletivamente colocar uma barreira ao recuo da partícula. Experiência que faz recordar o velho “demónio” na experiência conceptual de Maxwell.

A Termodinâmica trata das leis físicas de corpos macroscópicos, sistemas constituídos por inúmeras partículas. É impossível ter um conhecimento detalhado do estado individual dessas partículas, resultante do seu comportamento coletivo e interativo. Todavia, a mecânica estatística, a base matemática para a compreensão da termodinâmica, aproveita o grande número de partículas nesses sistemas para aplicar-lhes métodos estatísticos com que extrai as médias estatísticas que depois toma para descrever as respetivas propriedades macroscópicas.

Por outro lado, a Teoria da Informação lida com sistemas de informação incompleta, aborda o problema de como levar em conta, de forma inequívoca, a informação disponível (incompleta). Assim sendo, a mecânica estatística pode ser entendida como um caso especial da Teoria da Informação; e, reciprocamente, conceitos e métodos desenvolvidos em mecânica estatística podem ser aplicados a outros domínios através da teoria da informação. Notar que informação é uma medida não de informação necessariamente significativa, antes, sim, de capacidade de informação. Também pode ser entendida como medida de ordem ou estrutura.

Por esta via de similitude conceptual mais do que analógica, é legítimo estabelecer relações gerais entre medidas de Entropia (S) com medidas de Informação (I) e de Exergia (E). Exergia é um conceito que combina a medida de quantidade com a de qualidade da energia – posto que em quantidade esta sempre se conserva, mas em qualidade sempre se degrada.

Assim se relacionam (proporcionalmente) produção de entropia com destruição de exergia: $E = -T_0 \times S$ (lei de Gouy Stodola). E bem assim consumo/destruição de exergia com o registo/apagamento de informação: $E = k' \times T_0 \times I$, sendo $k' = k \ln 2 \approx 1,0 \times 10^{-23}$ J/K. Portanto, à temperatura ambiente, um bit é equivalente a 3×10^{-21} J de exergia. O princípio de Landauer significa que apagar informação implica dissipar energia (libertar calor), o que significa que registar ou manipular informação implica realizar trabalho (consumir exergia). O princípio de Landauer determina o limiar inferior de dissipação de calor e do correspondente consumo de exergia num computador e noutros dispositivos informáticos.

Presentemente, computadores e variados dispositivos móveis já processam na ordem de 1 GByte à taxa de 1 GHz, o que à temperatura ambiente conduz ao limiar de Landauer em 25 mW. Tais equipamentos consomem de facto muito mais; a dissipação de energia em atuais dispositivos digitais eletrónicos está na ordem de mil vezes acima do limiar de Landauer. Mas esse limite seria teoricamente atingido em duas décadas, à luz da tendência histórica anterior (lei de Moore).

O princípio de Landauer é tecnologicamente relevante porque enfatiza o crescimento do consumo de energia com o poder computacional e o limite à miniaturização colocado pela densidade de dissipação de calor. Por conseguinte, este princípio aponta para mais um obstáculo ao prosseguimento da “lei de Moore”.

Rui Namorado Rosa