

Energia e propostas de quarto princípio da Termodinâmica

José V. C. Vargas, UFPR

O termo “energia” é usado para se referir ao conceito de memória energética, e que motivou Scienceman e El-Youssef [1] a proporem a adição de uma nova dimensão física, [P] para "passado".

Como palavra, energia é uma contração simples do termo “embodied energy” (energia incorporada).

Para entender o conceito de energia, é necessário entender Exergia, que é a proporção real da energia que pode realizar trabalho mecânico.

$$E_x = (\text{energia livre de Gibbs}) + (\text{energia potencial gravitacional}) + (\text{energia cinética})$$

A energia livre de Gibbs é a energia termodinâmica/química disponível. Outras formas de energia, como radiação e energia térmica não podem ser completamente convertidas em trabalho, e têm conteúdo exergético menor do que seu conteúdo energético [2].

A potência exergética é a taxa de variação da exergia ao longo do tempo:

$$P_x = \frac{dE_x}{dt}$$

que é um equivalente do conceito de potência para exergia.

O conceito de exergia tem sido utilizado com grande sucesso, no redimensionamento de centrais termo-elétricas na Europa e nos EUA após a crise do petróleo de 1973. Os resultados da análise exergética e termoeconômica (com base no conceito de exergia) têm sido enormemente benéficos, observando que a exergia permite unificar as diversas formas de energia e compará-las em uma base comum, localizando as perdas termodinâmicas (exergia destruída) onde quer que ocorram nos sistemas em análise [3-5]. Enfim, isso permite a concepção e o projeto de novos sistemas que venham a operar com mínimas perdas termodinâmicas (mínima geração de entropia), i.e., permite acessar a resposta presente e futura de um sistema físico. No entanto, e o passado? Como os sistemas físicos existentes vivos ou não são o que são hoje? O conceito de energia pretende abordar esse aspecto.

A energia é então definida como a integral da potência exergética desde a origem absoluta dos sistemas até o momento atual, como se segue:

$$E_m = \int_{t=-\infty}^{t_0} P_x dt$$

i.e. a variação total de exergia até t_0 .

O conceito de “empower” é a taxa de variação ao longo do tempo da energia [6, p. 262]. Apesar da clara diferença entre análise exergética e emergética, baseada na observação temporal dos dois conceitos, i.e., energia (passado) e exergia (presente e futuro), alguma controvérsia existe entre as duas análises, o que foi abordado por Sciubba e Ulgiati [7].

A máxima “empower”, portanto, se refere à máxima taxa de variação da emergia ao longo do tempo. Considerada como um princípio, a máxima “empower” tem sido proposta como um corolário e entende-se como uma forma de descrever a lei organizacional da evolução.

Esse princípio é hoje considerado por muitos cientistas como o “Quarto Princípio da Termodinâmica” [8, § 13, p. 155]. Este princípio determina quais sistemas, ecológicos e econômicos, sobreviverão ao longo do tempo e conseqüentemente contribuirão para a formação de futuros sistemas [9, p.15]. Isso significa dizer que prevalecem as estruturas que maximizam a taxa de variação da emergia ao longo do tempo.

A definição do princípio de máxima “empower” em palavras seria:

“Em um processo auto-organizacional, os sistemas desenvolvem partes, processos, e relações que maximizam a taxa de variação da emergia ao longo do tempo” [10].

Assim, aqueles elementos ou indivíduos cujos padrões de ação não resultem em máxima produção tendem a ser substituídos eventualmente [10]. O fluxo total de emergia disponível conduz o comportamento do sistema de acordo com o princípio de máxima “empower”, determinando o tamanho do sistema por si mesmo e sua taxa de crescimento [11, p. 109].

O quarto princípio

A maioria das variações de quarta lei (ou princípio) propostas têm relação com as ciências ambientais, evolução biológica, ou fenômenos galáticos [12].

Uma forma ainda não proposta de quarto princípio, mas que vem tomando corpo consistentemente nos últimos anos é a assim chamada lei construtal. Trata-se basicamente do entendimento de que os sistemas (vivos ou não) evoluem para configurações arquitetônicas (estruturas) que minimizem as resistências aos fluxos que por eles atravessam [13]. Assim, o princípio pode e deve ser utilizado na concepção e projeto de novos sistemas físicos, i.e., o conceito de ótimo termodinâmico.

Em função dos conceitos apresentados para a emergia, Scienceman [14] afirmou que:

“O conceito de DEUS é meramente uma ‘personificação’ da emergia”

REFERÊNCIAS:

- [1] D. M. Scienceman e B. M. El-Youssef (1993) The System of Emergy Units, in Packham, R. ed. *Ethical management of science as a system*, International Society for the Systems Sciences, proceedings of the thirty-seventh annual meeting, University of Western Sydney, Hawksbury, July 5-9, pp 214-223.
- [2] I. Prigogine e D. Kondepudi, *Thermodynamique*, Éditions Odile Jacob, 1999.
- [3] A. Bejan, *Advanced Engineering thermodynamics*, 2nd Edition, Wiley, New York, 1997.
- [4] M. J. Moran, *Availability Analysis: A Guide to Efficient Energy Use*, Segunda edição, New York, ASME Press, 1989.
- [5] A. Bejan, M. J. Moran e G. Tsatsaronis, G., *Thermal Design Optimization*, Wiley, New York, 1996.
- [6] D. M. Scienceman (1987) Energy and Emergy. In G. Pillet and T. Murota (eds), *Environmental Economics: The Analysis of a Major Interface*. Geneva: R. Leimgruber. pp. 257-276. (CFW-86-26)

- [7] E. Sciubba e S. Ulgiati (2005) Emergy and exergy analyses: Complementary methods or irreducible ideological options? *Energy* 30, pp. 1953–1988.
- [8] C. Giannantoni (2000) Toward a Mathematical Formulation of the Maximum Em-Power Principle, in M. T. Brown (ed.) *Emergy Synthesis: Theory and applications of the emergy methodology*, Proceedings from the first biennial emergy analysis research conference, The Center for Environmental Policy, Department of Environmental Engineering Sciences, University of Florida, Gainesville, FL.
- [9] J. L. Hau e B. R. Bakshi (2004) Promise and Problems of Emergy Analysis, *Ecological Modelling*, special issue in honor of H. T. Odum, vol. 178, pp. 215-225.
- [10] H. T. Odum e E. C. Odum (2001) *A Prosperous way Down: Principles and Policies*, Colorado University Press, Colorado.
- [11] S. Ulgiati e M. T. Brown (2001) Emergy Accounting of Human-Dominated, Large-Scale Ecosystems, in S.E.Jorgensen (ed) *Thermodynamics and Ecological Modelling*, CRC Press LLC, pp. 63-113.
- [12] R. E. Morel e G. Fleck (2006) Fourth Law of Thermodynamics *Chemistry, Vol. 15*, Iss. 4.
- [13] A. Bejan, *Shape and Structure, from Engineering to Nature*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2000.
- [14] D. M. Scienceman (1995) *The Emergy Synthesis of Religion and Science*, Center for Environmental Policy, University of Florida.