

**DIMENSÃO TEÓRICA DA ENERGIA, ECONOMIA E SOCIEDADE:
INTEGRAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO DA HUMANIDADE ¹**

JOSÉ SOLON J. GUERRERO²

RESUMO - O presente trabalho discute os impactos das leis da termodinâmica na interpretação do mundo e princípios econômicos das sociedades do passado. Detecta-se um retorno, a nível mundial, a uma interpretação entrópica do mundo, visualizando-se um novo tipo de sociedade baseada na cooperação, integração e convivência "simbiótica" com a natureza. Um novo código de ética e um novo relacionamento entre capital e trabalho é de esperar-se. A economia, por sua vez, parece dar indicações de acomodação a nova realidade entrópica do mundo.

Termos para Indexação: Energia, Sociedade, Economia, Teoria da Sociedade.

THEORIC DIMENSION OF ENERGY, ECONOMY AND SOCIETY:
INTEGRATION IN THE DEVE

ABSTRACT - This study discusses the impacts of thermodynamics laws on the interpretation of nature, economic activities and society. The return to an entropic vision of society seems to have strong indications. A new order based on cooperation, integration and "symbiotic" association with nature appears to be the features of the nest century. A nw code of Ethics, a new relationship between labor and capital as well as an accomodation of economic activities to an entropic approach are also expected.

Index Terms: Energy, Society, Economics, Societal Theory.

INTRODUÇÃO

Energia é, antes de mais nada, um conceito científico, presente nos alicerces da física, química e biologia. Sua universalidade faz, no entanto, que o conceito de energia permeabilize grande parte das atividades nas quais os seres humanos estão envolvidos, tais como calefação, transporte, agricultura, indústria, construção e outras.

O presente trabalho representa um esforço por encontrar elementos que possam servir para esclarecer mais as ligações entre energia, economia e sociedade. Numa época em que projetos de desenvolvimento se implantam em áreas de grande riqueza, em que os modelos econômicos mudam com a rapidez do ciclo lunar, em que os representantes do povo refletem sobre a nova constituição e a população sente os efeitos crônicos da fome e das doenças, se faz indispensável a formulação de uma teoria que ajude a compreender a energia como fenômeno da natureza, intimamente relacionado com o futuro do homem na terra e com sua evolução cultural, econômica e social.

¹ Artigo solicitado ao autor pelos Editores da RER

² Professor Titular da U.F.V. DER Pós-Doutorado na Universidade de Stanford, Califórnia, em "Relação Energia-População". 36570 Viçosa, MG.

Energia: fenômeno da natureza

A idéia de energia está relacionada com o conceito físico de trabalho. Nesse sentido, entende-se por energia a capacidade de produzir trabalho. A física define trabalho considerando duas variáveis: força e distância. O trabalho é entendido como a força aplicada a um objeto, refletida na distância percorrida por ele em decorrência da força imprimida. Dessas explicações deduz-se que todo elemento capaz de produzir trabalho é potencialmente energético e todo elemento em movimento está manifestando a presença de energia.

Uma pedra à beira de um abismo, uma represa, uma carga elétrica num campo magnético têm potencial energético, porquanto, em sentido físico, têm capacidade de produzir trabalho. Toda energia com virtual capacidade de produzir trabalho é chamada energia potencial.

Por outra parte, as moléculas em movimento no vento que bate, os rios que correm, as ondas do mar são expressões da energia atuante na natureza. Esse tipo de energia no contexto de uma atividade mensurável é chamada energia cinética.

A energia potencial e a energia cinética caracterizam praticamente todos os tipos de energia presentes na natureza. Assim, por exemplo, a energia armazenada no núcleo do átomo, nas moléculas dos hidrocarbonetos, nos reservatórios de água, na celulose de madeira e nos outros carboidratos das plantas, antes de ser ativada é tida como energia potencial, ao passo que a energia das ondas do mar, do vento e dos corpos em movimento é tida como energia cinética.

As leis que regem a energia

A energia potencial e a energia cinética se fazem presentes na natureza, obedecendo a duas leis fundamentais, conhecidas como leis da termodinâmica. A primeira dessas leis foi descoberta em 1840 por James Prescott Joule (1818-1889). Ele descobriu que a força imprimida a uma pá de madeira circulando num recipiente de água resultava no aumento da temperatura da água. A energia mecânica transformava-se em energia térmica. Baseado nesta e em subsequentes experiências, Joule formulou a seguinte lei, conhecida como a primeira lei da termodinâmica: "A energia não se cria nem se destrói, mas se transforma de uma forma para outra" (Davis, 1979).

A primeira lei da termodinâmica poderia abrir, teoricamente, uma janela de esperança no desespero de nossa civilização, em busca crescente de novas fontes de energia, já no fim da era fóssil e perante o fracasso da energia nuclear de fissão. A energia, de acordo com esta lei, poderia ser reciclada e utilizada indefinidamente, sem precisar de esgotar as fontes tradicionais. A tecnologia moderna poderia orientar-se para a descoberta de mecanismos que permitam a utilização de energia recicladas, em vez de orientar-se para a busca e exploração de novas fontes que, no final, conduzirão talvez ao esgotamento das principais reservas energéticas do mundo.

Este raciocínio, cheio de promessas, vê-se seriamente limitado pela segunda lei da termodinâmica, a lei da entropia, a verdadeira vilã da reciclagem energética. A transformação de uma energia em outra não se faz de forma homogênea. Perdas colaterais estão presentes em todo o processo e a entropia indica precisamente a quantidade de energia disponível, descontadas as perdas, em determinado processo de sua utilização. Quanto maior a entropia menor a energia disponível.

Enquanto a primeira lei da termodinâmica manifesta a capacidade de transformação da energia negando a sua destrutibilidade, a lei da entropia indica que a energia tende a degradar-se nos processos de utilização, transformando-se de formas úteis em formas não úteis, tendendo sempre ao equilíbrio energético global.

No contexto de nosso sistema solar, por exemplo, quando se chega ao máximo de entropia, a temperatura será a mesma em todas as partes do mundo, a capacidade de transformar uma energia em outra será inviável e o universo terá chegado à sua morte energética. Se o nível de entropia do universo pudesse ser medido, estaríamos em condições de calcular o tempo de duração de nosso planeta e da existência da vida. Nesse sentido Blum (1976) refere-se à entropia como a flecha do tempo que indica a direção e a intensidade do movimento energético do mundo.

A lei da entropia permite classificar as diversas fontes de energia de acordo com sua capacidade de utilização. As fontes potencialmente mais utilizáveis, que poderiam ser chamadas de fontes de alta qualidade, seriam as mais concentradas. Nelas, o teor energético é mais alto e as perdas no processo de utilização relativamente menores. Nessa categoria estaria incluída a energia fóssil, originada na energia difusa do sol, pela fotossíntese, mas concentrada no subsolo através do tempo. A energia solar direta, mesmo que abundante, é considerada de baixa qualidade pela sua natureza difusa. No processo de fotossíntese, por exemplo, as plantas aproveitam apenas 1 ou 2 por cento da energia que incide sobre elas, para formar as reservas energéticas de biomassa.

A lei da entropia ensina também que a energia pode ser mudada numa só direção, isto é, da energia utilizável para a inutilizável, da disponível para a não disponível, da energia armazenada em estruturas definidas para as energias dispersas e randômicas. A lei da entropia, em síntese, lembra aos homens que a energia disponível em qualquer sistema energético e irrevogavelmente transformada, no fim do processo de utilização, em desperdiços energéticos (Miller G. Tyler Jr., 1971).

A lei da entropia com seu sentido sombrio está na base de toda política conservacionista de energia ao mesmo tempo que estimula a criação de hábitos de moderação e poupança energética. Neste sentido, autores como Rifkin e Howard (1980) manifestam de forma enfática que a lei da entropia definirá os paradigmas sócio-econômicos do futuro e norteará o comportamento dos indivíduos com relação a natureza.

A importância da lei da entropia na interpretação e uso dos recursos da natureza num futuro próximo leva Einstein (1980) a afirmar que, em termos operacionais, a entropia é a primeira lei da ciência, sendo a percepção de Einstein

compartilhada por Sir Arthur Eddington (1958) para quem a entropia é a suprema lei metafísica do universo.

As leis da termodinâmica e a interpretação da natureza

A importância da lei da entropia na interpretação e uso dos recursos da natureza num futuro próximo leva Einstein (1980) a afirmar que, em termos operacionais, a entropia é a primeira lei da ciência, sendo a percepção de Einstein compartilhada por Sir Arthur Eddington (1958) para quem a entropia é a suprema lei metafísica do universo.

As leis da termodinâmica e a interpretação da natureza

Enquanto que a primeira lei da termodinâmica proclama a ilimitada abundância da energia do mundo, a lei da entropia enfatiza seus aspectos conflitantes da realidade energética, têm servido de base para gerar interpretações diferentes da natureza, interpretações estas perfeitamente discerníveis através da história.

Os povos primitivos, por exemplo, estavam inseridos em sistemas energéticos produzidos e controlados a base da energia humana, posteriormente incrementada pela energia animal, de animais domesticados através do esforço e trabalho familiar. Essas populações tinham afinidade instintiva com a preservação da energia, criando para isto hábitos de moderação e poupança energética. O preço social pago para a obtenção da energia de que precisavam estava diretamente associado com o esforço, trabalho e fadiga pessoal. A lei da entropia dirigida, de fato, se bem que de maneira mais instintiva que reflexa, o comportamento dessas populações com relação ao uso dos recursos da natureza.

A revolução industrial transfere a ênfase na interpretação da natureza da entropia para a primeira lei da termodinâmica.

Diferentemente das populações antigas que criaram a própria interpretação da natureza, a partir do relacionamento rotineiro, com as forças e fenômenos naturais, a civilização industrial elaborou uma visão do mundo a partir dos pressupostos do mecanicismo, surgidos da especulação filosófica. Rápida discussão sobre o impacto mecanicista na interpretação da natureza e subseqüentemente sobre a percepção da energia se faz conveniente para entender a mudança de ênfase da visão entrópica do mundo, vivida e praticada pelas populações do passado e a visão da abundância proclamada pela revolução industrial.

Na Idade Média não existia polêmica alguma sobre os sistemas energéticos e menos ainda sobre sua viabilidade. As leis da termodinâmica eram desconhecidas e as únicas fontes de energia, além da humana e animal, eram a energia solar, especificamente a energia eólica e a lenha.

Em véspera da revolução industrial o carvão mineral passou a ocupar o lugar da lenha como fonte energética principal, iniciando-se desta maneira a era da energia fóssil (Wilkinson, 1974).

A transição da energia da biomassa para a energia fóssil reveste-se, sem dúvida, de importância muito grande. Essa transição assinala o início da revolução energética mais significativa desde a revolução agrícola do século VIII antes de Cristo e obviamente deveria provocar transformações tanto nos sistemas sociais como um todo, como no comportamento dos indivíduos em particular. Depois de tudo, a tecnologia energética, como todas as outras tecnologias são elementos da cultura (Guerrero, 1979). Do ponto de vista antropológico existe um relacionamento estreito entre os traços culturais das populações e seus sistemas de energia (Ryan, 1980).

Embora mudanças de tipo social e cultural sejam de esperar em decorrência da transição da energia de biomassa para a energia fóssil, essa transição não justificava nova interpretação da natureza. O uso da energia fóssil não fornecia base, por si mesma, para inferir que a energia, daqui para diante, poderia ser usada de forma irrestrita, que os recursos energéticos poderiam ser explorados sem ter em conta sua natureza limitada, que uma nova civilização poderia ser construída sobre a base da abundância, desperdício, consumismo, e que a produção dos bens com significado econômico fosse tida como meta a ser alcançada pelos países mais ricos do mundo.

Para os sábios gregos, assim como para os filósofos cristãos da Idade Média, o mundo era entendido como uma entidade complexa em constante movimento na direção da plenitude para a deterioração. Da mesma maneira que os homens e animais nascem, crescem e morrem, o mundo sofre, dia a dia, o desgaste irreversível da sua própria limitação. A poupança, a moderação, o autocontrole estavam na base dos princípios éticos gregos "a sofrosine", e mais tarde, das virtudes cristãs "A temperança e a moderação". Os freios contra a ambição, o uso indiscriminado das coisas, o desperdício eram expressões religiosas e éticas da realidade cósmica do mundo que habitavam. O direcionamento marcado pela lei da entropia estava implícito na concepção greco-cristã do mundo.

Descartes anuncia uma nova visão do mundo, diametralmente oposta à visão proposta pela sabedoria grega e a religião cristã. Newton deverá completar essa visão cartesiana.

O mundo para Descartes está concebido em termos de movimento e extensão, "fornece-me movimento e extensão e eu construirei o universo". Só que o movimento entendido por Descartes não é da mesma natureza que o concebido pelos sábios gregos e a filosofia cristã. O movimento cartesiano elimina a idéia de caos, deteriorização e desordem. No mundo cartesiano cada coisa tem seu lugar, todas as relações são harmoniosas e precisas. Esse mundo perfeito pode ser analisado e entendido através de métodos matemáticos, capazes de descobrir as leis que regem seu funcionamento. Para Descartes, a visão greco-cristã que pressupõe a deteriorização e o desgaste do universo é uma visão não matemática e portanto falsa (Descartes, 1968).

A visão matematicista de Descartes levou as elites intelectuais da época à mensagem sobre a capacidade que a inteligência humana tem de descobrir as leis que regem a natureza do mundo físico em que vivemos. O mérito de Newton está em ter descoberto, de fato, através das matemáticas, as leis visualizadas por Descartes. Newton fornece os instrumentos matemáticos para converter a

pretensão cartesiana em realidade. As leis de Newton sobre o movimento abrem o caminho para penetrar a misteriosa engrenagem do mundo em que vivemos, um mundo de movimento inexaurível, ordeiro, auto-suficiente e descompromissado com a atividade do homem.

A economia liberal é a filosofia mecanicista

A versão mecanicista surgida numa conjuntura de euforia pela presença de outras descobertas importantes no mundo físico e biológico foi entusiasticamente assimilada pelos clássicos da economia liberal da escola de Manchester. Eles transferem para o campo das atividades econômicas a concepção newtoniana do mundo (Smith, 1976).

Para a escola de Manchester, da mesma maneira que o mundo está regido por leis nas quais ao homem não é lícito intervir, assim a economia, atividade humana por excelência, está regida por leis não susceptíveis de intervenção por parte do homem. A introdução de princípios éticos na economia constitui uma violação à ação da mão invisível, uma espécie de "lei natural" que governa o processo econômico, orientando a alocação do capital, os investimentos, o uso dos recursos naturais, as forças de trabalho no processo produtivo, a fim de obter a maximização dos lucros. Os cientistas podem analisar e discutir as leis da economia mas, assim como não podem controlar a lei da gravidade, tampouco podem controlar as leis que regem a atividade econômica. Em síntese, a lei da oferta e procura, a dinâmica natural dos mercados, o lucro como mecanismo gerador de crescimento, a livre concorrência e, em último termo, a filosofia global do *laissez faire* são traços de natureza econômica da concepção newtoniana do mundo, transferida à Economia pelos clássicos da economia liberal.

Mecanismo passa para ação

O referencial ideológico no qual se desenvolve a transição energética de biomassa para energia fóssil é atípico, se comparado com os sistemas energéticos do passado. Esse referencial se caracteriza por uma forte convicção filosófica sobre a irrestrita abundância dos recursos da natureza. Uma versão operacional do referencial ideológico newtoniano pode encontrar-se no cenário da conquista do oeste americano em pleno surgimento do capitalismo. Wilkinson comenta que era tal a abundância do novo mundo que não fazia sentido aos pioneiros, no caminho para as novas fronteiras, poupar ou conservar os recursos da natureza. Nesse caminho, eles cortavam, queimavam, dragavam à vontade, orgulhando-se da sua mentalidade progressista e das grandes realizações traduzidas em atividades agrícolas, extração de minerais e criação de cidades florescentes (Wilkinson, 1976).

O fascínio da abundância irrestrita, no entanto, doou pouco em termos históricos. O censo americano de 1980 anunciou o fim das novas fronteiras, disse Whitaker, que foram o símbolo de oportunidades e abundância para todo o mundo, durante um período de 300 anos, tinham chegado ao fim. No futuro ti-

na que se aceitar o fato de que Norte América não era mais um continente de fronteiras abertas. A euforia de uma natureza inexaurível devia dar lugar a uma atitude pragmática, traduzida na convicção de que depois de tudo existia um limite com relação aos recursos naturais e que estava já à vista o fundo do barril (Whitaker, 1976).

Indicativos de retorno à visão entrópica

O momento dramático da mudança na interpretação da natureza, com evidentes indicativos de uma volta à visão entrópica do mundo, foi o discurso do presidente Theodoro Roosevelt aos governadores dos Estados Unidos, reunidos especialmente para escutar o anúncio do início da política conservacionista no país.

“Esta reunião sobre a conservação dos recursos naturais reveste-se de especial importância, pelo fato de ser ela uma reunião dos representantes do povo americano convocados para considerar a gravidade do problema que pesa sobre a nação. Os recursos naturais de nosso país estão sob a ameaça de um rápido esgotamento devido aos métodos depredatórios utilizados na sua exploração. Há chegado o tempo de investigar com seriedade o que acontecerá ao país quando as florestas forem destruídas, quando o carvão, ferro, petróleo e gás tenham sido esgotados, quando o solo tenha sido empobrecido pela erosão e o revestimento orgânico lançado às águas de rios e lagos poluídos...” (Roosevelt, 1908).

O discurso de Roosevelt, se não foi o início para a reconsideração da visão mecanicista do mundo, foi, sem dúvida, devido ao peso que a Norte América tem representado para o resto do mundo, uma peça chave para que a legislação americana e mundial iniciasse uma série de medidas para frear os depredadores dos recursos naturais e reparar as feridas profundas causadas pela revolução industrial conduzida pela política de maximização de lucros como meta última do processo produtivo.

Com relação à Economia, o retorno à visão entrópica do mundo, embora mais devagar, tem apresentado sinais de progresso. A aceitação das externalidades, de caráter ecológico como elementos novos nas clássicas análises de custo-benefício e sobretudo o progressivo interesse por acionar mecanismos analíticos que incorporem aspectos distributivos ao tradicional eixo de produção e consumo, são fortes indicadores de que está em andamento um processo de revisão da Economia. Alguns economistas começam a questionar a validade de teorias clássicas sobre produção e comercialização, num mundo cada vez mais incapacitado, pela concentração da renda, de adquirir os bens produzidos.

Previsões futuras

As leis da termodinâmica que serviram como ponto de partida para a criação de visões do mundo de certa forma antagônicas, e que influenciaram tanto os sistemas de exploração da natureza assim como as teorias econômicas, dão lugar, agora, a projeções novas para predizer sistemas sociais do futuro. As expe-

riências dos 300 anos de industrialização e de economia liberal sustentada pela visão newtoniana do mundo têm dado às populações da terra ingredientes para começar a construir os alicerces de uma nova sociedade.

A universidade de Stanford levantou, em 1979, dados que indicam o perfil das sociedades do futuro e o declínio dos valores que caracterizam a sociedade do futuro e o declínio dos valores que caracterizam a sociedade atual. A sociedade atual chamada por motivos metodológicos de **Smith Value System** emerge com a industrialização do Ocidente. Caracteriza-se pelo individualismo, prevalência do lucro na exploração dos recursos naturais, competição como meio de obter sucesso, aceitação do progresso material sem limites, valorização da quantidade sobre a qualidade, orientação centralizadora da administração como o meio mais adequado para garantir a eficiência gerencial, racionalismo pragmático na programação dos negócios assim como a convicção de que o indivíduo tem prioridade absoluta com relação à natureza (IES, Stanford University, 1979).

As características do que deverá ser a sociedade do futuro e cujos alicerces começam a construir-se na época atual, estão associadas ao que os analistas de Stanford chamam **The Green Value System**. Essas características mostram a preferência da interdependência dos indivíduos sobre o individualismo selvagem, a convivência do homem com a natureza, a valorização da cooperação sobre a competição, a opção pela qualidade de vida sobre a abundância de bens materiais, a busca da satisfação interna sobre o sucesso externo, eleição do sistema descentralizado de empresas a utilização da racionalidade holística que tem em conta a natureza e limitação dos recursos naturais na programação dos lucros.

A nova sociedade enfatiza uma mentalidade mais reflexiva que científica, embora não dispense os dados científicos na tomada de decisões, aceita o limite do crescimento como compatível com um sistema econômico sadio e, principalmente, proclama a necessidade do relacionamento simbiótico da espécie humana com a natureza (IES, Stanford, 1979).

Os analistas de Stanford prevêem a suplantação do **Smith Value System** pelo **Green Value System** para as primeiras décadas do século XXI. A transição de um sistema de valores para outro reverterá na orientação das decisões sobre a adaptação do sistema energético a ser usado, atividades humanas, organização empresarial e revisão dos princípios econômicos. Os depredadores da natureza serão cada vez mais repudiados pela opinião pública e os crimes contra a economia popular e administração pública serão, finalmente, punidos com maior rigor. As relações entre o capital e o trabalho entrarão em processo de conciliação quando se comprovar que a **mais valia** está sendo explicada mais pelo aperfeiçoamento da tecnologia que pela exploração do trabalho humano e pelo fato de o capital estar sendo transferido a setores expressivos da sociedade, incluindo os mesmos trabalhadores. Na nova sociedade, os países que conseguirem entender-se entre si, que tirarem mais proveito da interdependência econômica e melhor administrarem seus recursos energéticos terão maiores condições de prosperidade.

Os problemas energéticos e a exploração dos recursos naturais não poderão ser tratados, portanto, em termos de opções puramente quantitativas. Na programação futura, a correta interpretação da natureza e a percepção da realidade em que a sociedade está inserida farão a diferença entre a sabedoria e a incompetência, entre a prudência e a irresponsabilidade, entre a construção de um grande país e o futuro sombrio. Essa percepção filosófica, porém, somente será possível quando surgir uma teoria capaz de vincular com solidez o problema energético e a economia ao futuro da sociedade. A tarefa de formular essa teoria é um desafio a mais dos cientistas sociais.

REFERÊNCIAS

- BLUM, H. F. **Time's arrow and evolution**. Princeton, N.I., Princeton University Press, 1968.
- DAVIS, J. W. **The seventh years: industrial civilization in transition**. New York, Norton, 1979.
- DESCARTES, R. **Discurso sobre o método**. Tr. de Torrieri Guimarães. São Paulo, Hemus, 1968.
- EDINGTON, Sir Arthur. **The nature of physical world**. Ann Arbor. Ann Arbor Paperback, University of Michigan Press, 1958.
- EINSTEIN, A. **In: RIFKIN, J. & HOWARD, T. Entropy: a new world view**, New York, The Viking Press, 1980.
- GUERRERO, J.S. **Desenvolvimento rural: cultura, comunidade**. Viçosa, MG, Imprensa Universitária, 1979.
- MILLER, G. T. Jr. **Energetics, kinetics and life**. Belmont, Califórnia, Wadsworth Ed., 1971.
- NEWTON, I. **In: RANDALL, J. H. The making of the modern mind**, Cambridge (Mass.) Houghton Mifflin, 1940.
- RIFKIN, J. & HOWARD T. **Entropy: a new world view**. New York. The Viking Press, 1980.
- RYAN, C.J. **Renewable energy systems: social choices or necessity**. Stanford, Califórnia, Department of Engineering Economic Systems, 1980.
- SMITH, A. **An inquiry into the nature and causes of the wealth of nations**. London, Methuen, 1961.
- WILKINSON, R.D. **Poverty and progress**. New York, Praeger Ed. 1973.