

Os desafios da bioeconomia



Por DANIEL ARRUDA CORONEL & JOSÉ MARIA ALVES DA SILVA*

Do ponto de vista biológico as “maravilhas tecnológicas” devem ser vistas mais como ameaça do que progresso da humanidade

Com Aristóteles, a economia surgiu como um ramo da ética: a ética do relacionamento nas atividades de sustentação da vida material (Aristóteles, 2004). Portanto, na concepção aristotélica, o vínculo entre ética e desenvolvimento sustentável é inalienável, visto que as atividades de sustentação da vida material humana não são neutras em relação ao meio natural. Contudo, Aristóteles não tinha por objetivo a questão ambiental.

Ele visava firmar uma ética da justiça, como bem mostra o seu princípio do comércio justo, segundo o qual a troca de mercadorias entre dois homens deve servir ao propósito de melhorar as condições de vida de ambos, e não constituir meio pelo qual um pudesse ser beneficiado em detrimento do outro. Assimilado pela doutrina cristã, o princípio aristotélico da troca justa foi incorporado na economia política durante séculos, até que, com o advento do Iluminismo, a economia passou a ser identificada com os conceitos de prazer e autointeresse, convertendo-se cada vez mais no que o próprio Aristóteles havia definido como “crematística não natural”, o que pode ser observado no seu texto *A política* (2004).

A preocupação com o meio ambiente é bem recente na história humana, manifestando-se de forma mais difundida na segunda metade do século XX. Os estudos de Carson (1962), Georgescu-Roegen (1971) e Schumacher (1983) são referências seminais sobre o tema do desenvolvimento sustentável. No livro *Primavera silenciosa*, Rachel Carson relata os resultados de investigações sobre os efeitos de agentes químicos sintéticos nos organismos vivos.

Esse trabalho constituiu um primeiro grande alerta para os perigos sanitários e riscos ambientais dos agrotóxicos. A comprovação das perturbações endócrinas provocadas pelo Dicloro-Difenil-Tricloroetano (*DDT*) e danos ecológicos levaram a uma nova postura político-governamental com relação ao uso de agroquímicos que culminou na criação do Environmental Protection Agency (EPA), pelo presidente norte-americano John Kennedy.

O trabalho de E. F. Schumacher constituiu um dos primeiros desafios ao “mito do progresso econômico”, ao chamar atenção para os impactos ambientais das grandes potências industriais, altamente intensivas em consumo de energia e geradoras de poluição. Sua mensagem mais contundente, apoiada por estatísticas energéticas, era simplesmente que o estilo de vida norte-americano não poderia ser tomado como referência mundial, visto que não poderia ser sustentado por muito tempo.

Isto depunha fortemente contra a teoria neoclássica do crescimento econômico, que previa a convergência de renda entre os países. Como o trabalho de Schumacher veio deixar claro, o problema dessa teoria é que simplesmente desconsidera as restrições representadas pelos estoques de recursos naturais não renováveis, como carvão, petróleo e água.

Nesse sentido, o tratamento mais geral, ou mesmo holístico, sobre a relação entre desenvolvimento econômico, ética e

a terra é redonda

meio ambiente, foi fornecido pelo economista romeno, radicado nos EUA, Nichollas Georgescu-Roegen (1906-1994), numa série de trabalhos fecundos e inovadores. Sua obra nesse campo constitui uma crítica substancial ao paradigma mecanicista transplantado, pelos fundadores da escola neoclássica, da física newtoniana para a Economia, no qual o sistema econômico é representado como se fosse do tipo reproduzível, isto é, capaz de reproduzir toda a energia que consome.

No entanto, isto se aplica apenas aos recursos trabalho e capital, que costumam aparecer explicitamente na função neoclássica de produção. O produto resultante da aplicação desses recursos pode ser usado para sustentá-los num nível constante ou crescente, ou seja, para recompor a energia gasta pelos trabalhadores no esforço produtivo e para repor o estoque de capital, em escala constante (reprodução estacionária) ou crescente (reprodução ampliada). Mas, nesse processo, o acervo de recursos naturais, como terra, água, florestas e minérios, necessariamente sofre uma degradação entrópica. No entanto, sua habitual omissão no argumento da função de produção parece pressupor que, enquanto o capital se acumula e a população cresce, “tudo o mais permanece constante”.

Esta é a razão por que, como uma espécie de dissidente do *mainstream* neoclássico, do qual se afastou na década de 1960, Georgescu-Roegen propôs para o sistema econômico a analogia dos sistemas entrópicos descritos pela física termodinâmica em lugar do modelo neoclássico de inspiração mecanicista.[\[i\]](#)

A obra de Georgescu-Roegen é, em vários aspectos, inovadora em relação às escolas neoclássica e marxista, que, embora diametralmente opostas, têm aspectos comuns. Ambas enfatizam o sistema de mercado urbano, capitalista e individualista e, a princípio, desconsideram os impactos ambientais da expansão urbano-industrial. A primeira porque é reducionista e abstrata, por natureza, a segunda porque, tendo como foco principal a história da teoria da luta de classes, está mais preocupada com a exploração do homem pelo homem do que com a degradação ambiental.[\[ii\]](#)

Georgescu-Roegen e E.F. Schumacher estão entre os primeiros a perceber que o cálculo econômico é eticamente equivocado quando reduz os diversos tipos de *inputs* do processo produtivo a uma soma de custos, sem levar em conta certas diferenças essenciais entre as categorias envolvidas. Conforme Georgescu-Roegen, a atividade produtiva pode ser vista como um processo requer a presença de três tipos diferentes de fatores, designando-os como de “fundo”, de “fluxo” e de “estoque”. Os fatores de fluxo são os materiais que entram no processo e, transformados pela ação dos fatores de fundo, saem incorporados no produto.

Entre os fatores de fundo há que se fazer também uma distinção entre os que podem ser repostos, como trabalho e capital, o primeiro pelo crescimento vegetativo da população, e o segundo pelos investimentos de reposição, e os que necessariamente se apresentam numa quantidade finita “não reproduzível”, como é o caso da terra e dos estoques de combustíveis fósseis e outras matérias primas minerais. Entretanto, em termos econômicos, nenhuma distinção é feita entre eles – todos têm um custo que é determinado pelos seus “preços de mercado”.

Assim, os fatores de estoque não renováveis, como carvão mineral e petróleo, são tratados, pela geração presente, da mesma forma que os demais tipos, e seus preços são determinados pelos respectivos ‘custos de produção’, de um lado, e pela demanda da geração presente, de outro. As necessidades energéticas de gerações futuras não são levadas em consideração.[\[iii\]](#) Assim, sendo determinado apenas pelas forças correntes de oferta e demanda, o preço desses fatores acaba sendo subestimado por esta geração. Nesse caso, do ponto de vista de uma correta teoria econômica, o mercado falha na determinação do preço porque não consegue levar em conta a escassez, na sua devida dimensão.[\[iv\]](#)

Outros *insights* de Georgescu-Roegen foram inspirados na observação de cenários socioeconômicos naturalmente baseados em comportamentos cooperativos e solidários, típicos de certas economias locais, de base agrícola, subdesenvolvidas e superpopulosas[\[v\]](#). Se for para aplicar a técnica das funções de utilidade e de produção a estes cenários, deve-se estar preparado para levar em conta pelo menos duas grandes diferenças em relação ao habitual tratamento neoclássico. O primeiro fator a considerar é que o bem-estar de um indivíduo típico depende não apenas das suas possibilidades de consumo, mas também das possibilidades de consumo de sua comunidade.

a terra é redonda

Formalmente, isto pode ser representado por uma função de utilidade $U = f(y,x)$, em que y representa a capacidade de consumo próprio do indivíduo (i) e x representa os critérios particulares pelos quais ele considera o bem-estar comunitário. Sob as condições $f'(y) > 0$ e $f'(x) > 0$, essa função implica que a utilidade de um indivíduo não depende só da sua renda própria, mas também da distribuição da renda total entre os membros da comunidade. Esse tende a ser o caso de pequenas comunidades, em que cada membro conhece a situação dos demais e tem consciência das interdependências entre eles, em contraste com a função de utilidade do homem metropolitano, para o qual somente a variável x é relevante, conforme o pressuposto neoclássico.

Por outro lado, nesses cenários, o critério da maximização de lucros também não faz sentido, visto que, dado o excesso de população em relação aos demais fatores de fundo, o objetivo da maximização da renda comunitária acaba sobrepujando qualquer objetivo individualista de maximização de lucro.

Ao que tudo indica, foi a consideração das características econômicas especiais desses cenários que inspirou Georgescu-Roegen a propor a analogia da física termodinâmica como mais adequada para a economia do que a da mecânica de Galileu e Newton. É certo que a humanidade como um todo está ainda longe de enfrentar as severas restrições já observadas em certas economias locais superpovoadas, para as quais se aplicam os princípios lógicos acima discutidos. Mas, se fosse devidamente considerado que, em decorrência da inevitável entropia positiva do processo econômico, é para um cenário desse tipo que a humanidade inexoravelmente convergirá, essa seria a perspectiva de maior sabedoria.

Não há dúvida de que, em consonância com a Segunda Lei da Termodinâmica, a atividade econômica do *homo sapiens* contribuiu para aumentar a entropia positiva do planeta, razão pela qual Georgescu-Roegen considerou a Lei da Entropia como “a de natureza mais econômica de todas as leis naturais”. Os modos de vida resultantes da industrialização “fordista” constituíram fatores agravantes disto, não apenas porque o “automóvel é muito mais ‘entrópico’ que a carroagem”, e o “jumento é menos ‘entrópico’ que a motocicleta”, mas também porque o processo de produção em massa difundiu o uso de órgãos exossomáticos, como automóveis e motocicletas, aumentando, em consequência, a taxa de conversão de recursos naturais não renováveis em resíduos não recicláveis.

O fascínio provocado pelas “maravilhas tecnológicas”, possibilitadas pela descoberta das leis da mecânica e do eletromagnetismo, de um lado, e a progressiva perda de contato do homem com “as maravilhas da natureza”, em consequência da expansão urbano-industrial, de outro, contribuíram para a afirmação do modelo mecanicista na teoria econômica e para um modo de pensar que associa progresso com crescimento econômico, medido pela expansão do Produto Interno Bruto (PIB).

Do ponto de vista biológico, entretanto, tal mudança deve ser vista mais como ameaça do que progresso da humanidade. Esse é outro ponto levantado por Georgescu-Roegen, que abre uma nova perspectiva para a ciência econômica, na qual se revela uma “essência biológica” da atividade econômica, em geral, e do desenvolvimento tecnológico, em particular. Essa é a razão pela qual, a partir da década de 1970, essa nova perspectiva passou a ser designada como bioeconomia.

Georgescu-Roegen tomou emprestado do biólogo Alfred Lotka os termos “exossomático”, para designar os instrumentos e mecanismos artificiais que o homem inventa, e “endossomático”, para designar os órgãos físicos naturais dos seres vivos. Um leão, quando mata uma presa, conta apenas com órgãos endossomáticos como garras, mandíbula e dentes. Já o homem, para o fim de matar, costuma usar armas criadas por ele próprio. Essencialmente, o que distingue o ser humano das outras espécies animais é o fato de ele ser a única que utiliza capacidade cerebral para produzir órgãos exossomáticos. Esta é a razão fundamental de o homem ter se tornado a espécie dominante, dentre todas as outras formas de vida.

Os órgãos exossomáticos não são exclusivos dos seres humanos. Algumas espécies animais também se valem deles, como os pássaros que fazem ninhos e as abelhas que constroem colméias, por razões semelhantes as do homem que constrói camas ou casas; todavia, o que distingue a espécie humana é a faculdade de produzir e inventar incessantemente órgãos exossomáticos, não por instinto genético, como os pássaros e as abelhas, mas pelo uso sistemático da razão. A espécie humana, como todas as demais espécies vivas, está sujeita a um processo evolucionário endossomático, de acordo com a

a terra é redonda

Lei de Darwin. A diferença em relação às demais espécies é que a espécie humana evolui também por meios exossomáticos.

Na medida em que vem potencializar capacidades humanas, o desenvolvimento de órgãos exossomáticos, como processo de “facilitação da vida”, seja por meio de redução do esforço ou aumento do conforto e do prazer proporcionado ao homem, estabelece neste uma dependência viciosa. Outra consequência disso é a desigualdade na distribuição dos benefícios dessa evolução entre a classe que planeja, organiza, supervisiona e controla a produção, que Galbraith (1977) chamou de tecnoestrutura, e a classe “dos que simplesmente participam dessa produção”.

Em outras palavras, para usar os termos de Georgescu-Roegen, o conflito entre “os que governam” e “os que são governados”. A espécie humana revela assim outra característica diferenciadora das demais espécies, como ser biologicamente condicionado por processos biofísicos e ser social moldado por padrões institucionais.

O problema da dependência exossomática é que coloca a humanidade em rota de colisão com inevitáveis limites estabelecidos por uma dotação finita de recursos naturais. Nesse sentido, como Galbraith já havia demonstrado, é por meio de mecanismos que intensificam essa dependência que os membros da tecnoestrutura reafirmam seu poder de governança, essa classe representa assim o papel do vilão na tragédia ambiental anunciada por Georgescu-Roegen.

***Daniel Arruda Coronel** é professor do Departamento de Economia e Relações Internacionais da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

***José Maria Alves da Silva** é professor titular aposentado da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Referências

ARISTÓTELES. Ética a Nicômaco. São Paulo: Martin Claret, 2004.

ARISTÓTELES. Política. São Paulo: Martin Claret, 2004.

CARSON, R. Primavera silenciosa. Madrid: Ed. Trotta S. A., 1962.

GALBRAITH, J. K. O novo estado industrial. São Paulo: Pioneira, 1977.

GEORGESCU-ROEGEN, N. The Entropy Law and the Economic Process. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1971.

SCHUMACHER, E. F. *O negócio é ser pequeno*. São Paulo: Zahar, 1983.

Notas

[i] Antes de sua “conversão”, Georgescu-Roegen foi um expoente da pesquisa teórica do *mainstream* neoclássico, tendo apresentado questões que inspiraram vários dos principais teoremas econômicos posteriormente desenvolvidos por outros eminentes neoclássicos como Paul Samuelson.

[ii] De fato, Marx não teve tempo para presenciar as implicações ambientais da industrialização capitalista, que em seu tempo era certamente um problema bem menos visível do que as condições de vida da nascente classe operária. O hábito de negligenciar as questões ambientais dos marxistas que vieram depois parece também resultar da crença de que, ao final

a terra é redonda

da história da luta de classes, todos os problemas da humanidade estarão resolvidos.

[iii] No caso do preço do petróleo, por exemplo, entram em consideração apenas o custo da extração, de um lado, e a quantidade demandada, de outro. Quando, numa determinada conjuntura, a demanda cai, isso tem por efeito aumentar nos reservatórios o estoque de petróleo já extraído, instaurando uma tendência de redução do preço, e vice-versa. Se forem descobertas novas jazidas, mais acessíveis, o custo de extração tenderá a cair, associando-se também a uma tendência de redução do preço, e vice-versa. Portanto, o preço do petróleo, cuja quantidade existente no planeta é fixa, e que, portanto, um dia fatalmente chegará à completa exaustão, acaba sendo determinado da mesma forma que o de uma *commodity* agrícola, cuja produção pode ser mantida indefinidamente num fluxo contínuo, posto que depende apenas da existência de fatores de fundo e de fatores de fluxo não exauríveis.

[iv] Se o preço do petróleo incorporasse essa escassez “verdadeira”, certas comodidades da vida moderna, como o automóvel particular, seriam economicamente inviáveis. O *american way of life* pode ser visto assim como uma distorção decorrente dessa falha.

[v] Tais cenários eram relativamente comuns no tempo de sua juventude na Romênia e em outros países do leste europeu.

A Terra é Redonda existe graças aos nossos leitores e apoiadores.

Ajude-nos a manter esta ideia.

[**CONTRIBUA**](#)