

***A natureza como limite da economia: a contribuição de
Georgescu-Roegen***

Andrei Domingues Cechin

Edição de texto: Pedro Barros

Preparação de texto: Márcia Elisa Rodrigues

Sumário

Introdução

Parte 1 – Pensamento econômico

O paradigma

Um pouco de história

Visão irreal

Parte 2 – Outro paradigma

A formação de Georgescu

Termodinâmica *versus* mecânica

Entropia e evolução

Entropia e atividade econômica

Processo produtivo

Bioeconomia

Manuais introdutórios

Parte 3 – Pessimismo da razão

Escassez e crescimento

Dissipação da matéria

Teoria do valor energético

Condição estacionária

O novo Prometeu

Parte 4 – Correntes atuais

Economia ambiental

Economia ecológica

Abismo epistemológico

Evolução e complexidade

Coevolução socioambiental

Parte 5 – Energia e desenvolvimento sustentável

Desenvolvimento e sustentabilidade

Futuro energético e o aquecimento global

Uma questão de valores

Georgescu e o desenvolvimento sustentável

Conclusão

Bibliografia

Bibliografia de Nicholas Georgescu-Roegen

Anexo I

Introdução

A natureza é a única limitante do processo econômico. Este talvez tenha sido o principal alerta que Nicholas Georgescu-Roegen lançou à comunidade científica e, principalmente, aos economistas. Estes últimos estudam tudo o que está dentro do processo, mas não percebem (talvez não queiram) que ele não seria possível sem a entrada dos recursos da natureza e a saída de resíduos que lhe são devolvidos. Do ponto de vista material, a economia transforma bens naturais valiosos em rejeitos que não podem ser mais utilizados. Mas isso não significa que a função das atividades econômicas seja a produção de lixo. O objetivo é a felicidade humana, o fluxo imaterial de bem-estar gerado pelo processo. No entanto, nada garante que as gerações futuras poderão ter acesso aos recursos e aos serviços da natureza de modo semelhante ao que tiveram as precedentes.

Em tal contexto, os combustíveis fósseis são peculiares. Um dia alguma tecnologia poderá permitir a utilização da energia solar de forma mais direta, o que representará um imenso salto para o desenvolvimento humano, pois a utilização da energia solar, sem combustão, pode ser considerada limpa. Contudo, não é trivial o surgimento dessa tecnologia. Seria um verdadeiro “Prometeu”, comparável apenas à agricultura, ao domínio de fogo e à máquina a vapor, que permitiram um considerável aumento de poder da espécie humana sobre a natureza. Portanto, a mensagem é que os combustíveis fósseis devem ser conservados para que a humanidade tenha uma margem maior de manobra enquanto não surge o novo Prometeu. O problema ambiental global mais discutido atualmente, as mudanças climáticas, e o imperativo de cortar as emissões de gases de efeito estufa, causadas pela combustão dos combustíveis fósseis, diminuem ainda mais a margem de manobra da humanidade.

Enquanto as nações industrializadas barganham, por meio de acordos internacionais, metas pírias de redução das emissões, continuam a acreditar não haver nenhuma incompatibilidade entre crescimento econômico e conservação dos recursos e serviços da natureza. Daí surge um fenômeno curioso: um estardalhaço retórico sobre o fim do mundo, como salvar o planeta, e simultaneamente uma crença e um desejo de crescimento ilimitado da produção material.

É muito improvável que o crescimento material cesse a curto prazo. Mais improvável ainda é supor que isso ocorrerá por vontade da sociedade. As pessoas aspiram por um conforto material e padrões de consumo crescentes. O crescimento, contudo, é, de um lado, limitado pela finitude de matérias-primas e energia e, de outro, pela capacidade restrita do planeta de processar os resíduos. Assim, não serão resolvidos os problemas ambientais tratando-se apenas os sintomas. A pesquisa tecnológica visando aumentar a eficiência energética e desenvolver as alternativas não fósseis de energia é fundamental no contexto atual. Todavia, isso não deve escamotear o fato de

que a humanidade deve começar a se preparar para a estabilização das atividades econômicas.

Levando em conta tais limitações biofísicas ao crescimento material da economia, é provável que, num futuro longínquo, o ritmo das atividades econômicas seja inferior ao atual. A humanidade voltará a explorar de maneira bem mais direta a energia solar, mas não terá como evitar a dissipação dos materiais usados pelas atividades industriais, o que exigirá a superação do próprio crescimento material. Por isso, em algum momento terá que diminuir seu produto econômico, ou seja, encolher a economia. A partir daí, o desenvolvimento humano dependerá da retração econômica, ou decréscimo do produto, e não de seu crescimento.

Um grande número de economistas, ortodoxos ou não, de direita, de esquerda ou de centro, continua, seja ensinando em universidades, seja formulando políticas econômicas, se desdobrando para explicar os problemas ambientais como se Georgescu jamais tivesse existido. Contudo, há indícios de que seu pensamento influenciou abordagens econômicas que hoje estão na fronteira do conhecimento. Assim, torna-se imperativo saber por que ele foi deixado de lado no debate sobre o desenvolvimento sustentável. Por isso, a pergunta é: Se ele antecipou questões que hoje preocupam a sociedade, no que diz respeito à sustentabilidade ambiental do desenvolvimento, por que suas ideias foram descartadas?.

Seu isolamento como economista é uma hipótese importante. A ideia de decréscimo econômico também, pois gerou anátema tanto dos economistas otimistas quanto dos ambientalistas bem-intencionados. Ambas são apenas pistas para entender uma possível revolução na ciência, talvez a primeira mudança de paradigma na economia. Daí a necessidade de contextualizar as principais ideias de Georgescu, um dos maiores economistas do século XX e provavelmente o mais injustiçado.

Neste livro abordaremos a temática das inter-relações entre economia e natureza. Para isso, resgataremos a perspectiva das limitações biofísicas ao crescimento da economia, lançada por Georgescu-Roegen, um dos economistas mais originais do século XX, que infelizmente foi ignorado devido às reformulações radicais que seus alertas forçariam na ciência econômica. Este livro está dividido em cinco partes. A primeira parte apresenta o paradigma que une todas as escolas de pensamento econômico e por que ele é irreal. Revela quais têm sido as preocupações da disciplina, as principais mudanças de enfoque e, sobretudo, a visão do objeto estudado que unifica a área de economia, qual seja, a visão de um sistema econômico circular totalmente isolado da natureza. Foi essa visão o principal alvo da crítica de Georgescu.

A segunda parte é dedicada à vida e obra Georgescu, em que suas principais ideias são esmiuçadas. Viveu durante quase todo o século XX (1906-1994). Presenciou de

perto as duas grandes Guerras Mundiais no seu país de origem, a Romênia. Fez parte de um grupo seleto de economistas de Harvard dos anos 1930. Foi considerado economista dos economistas e professor dos professores pelo Prêmio Nobel Paul Samuelson. Mas, a partir dos anos 1970, teve início o processo de seu banimento, com advertências do próprio Samuelson de que ele havia se embrenhado pela obscura ecologia. Mesmo tendo contribuído para a consolidação de importante centro de pós-graduação em economia no Brasil, o Instituto de Pesquisas Econômicas (IPE-USP), e escrito quase duas centenas de artigos e três livros, não há mais que seis artigos seus traduzidos para o português. Por isso, é fundamental detalhar as ideias que geraram o anátema da comunidade científica.

A terceira parte avalia as ideias de Georgescu no contexto do debate sobre o dilema “escassez de recursos naturais *versus* crescimento econômico”. Explicita quem foram seus interlocutores e a quem ele dirigiu suas críticas na década de 1970. Importantes acontecimentos da época chamaram a atenção para o problema da adequação da oferta de recursos naturais para sustentar os padrões de consumo e produção. O debate gerou um amplo espectro de opiniões cujos extremos chegavam a conclusões completamente opostas. Partiu de outra visão pré-analítica, por isso a discrepância em relação às opiniões dos economistas convencionais.

A quarta parte avalia sua influência na economia ecológica e na economia fora-do-equilíbrio. Sua obra tem inspirado ambos os programas de pesquisa na fronteira do conhecimento, tanto pela sua visão biofísica do processo produtivo quanto por ter chamado a atenção para as implicações epistemológicas mais gerais da lei da entropia.

E a última, antes da conclusão, procura mostrar o quanto o futuro energético da humanidade está no centro da problemática do chamado desenvolvimento sustentável e como Georgescu fornece uma abordagem realista para esse debate. Para que o termo desenvolvimento sustentável não represente mera inovação retórica, é necessário atentar para o duplo aspecto da relação entre processo econômico e natureza: a depleção dos recursos naturais e a saída inevitável de resíduos.

Este livro não teria sido possível sem a ajuda da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), que possibilitou minha dedicação integral ao mestrado, tampouco sem a orientação de José Eli da Veiga, verdadeiro educador, que percebeu e direcionou meu potencial e me mostrou a importância de fugir do hermetismo. Não poderia deixar de agradecer a todos os amigos que acompanharam o processo e leram as primeiras versões, a meus pais José Cechin e Maria Elizabeth Domingues Cechin pelo apoio de sempre, e à Candi, minha companheira de vida.

1 – Pensamento econômico

O economista preocupa-se acima de tudo com as mercadorias [...] A economia não pode abandonar o fetichismo da mercadoria, assim como a física não pode renunciar ao fetichismo das partículas elementares, e a química, das moléculas.

(Nicholas Georgescu-Roegen, *The Entropy Law and the Economic Process*)

O paradigma

O conjunto de ideias econômicas que predominou durante o século XX ainda pode ser encontrado nos mais recentes livros-texto, largamente utilizados no ensino de economia. Qualquer pessoa que queira se iniciar nesse campo do conhecimento precisa saber de algumas ideias básicas constantes do livro-texto. Este, às vezes chamado de manual, é um importante instrumento de transmissão de conhecimento e nele constam exemplos do que seja um problema econômico, além de desenhos e diagramas representando o sistema econômico. O aprendiz tem uma visão do que é a economia, de quais são seus problemas típicos, e uma ideia de como representá-la visualmente. O manual demonstra como reconhecer um problema econômico e como encará-lo. Os manuais de economia contêm os modelos utilizados para que se aprenda o funcionamento do mundo econômico. Assim como na medicina os professores usam réplicas de plástico do corpo humano, na economia são os diagramas e as equações que permitem uma visão do que é considerado realmente importante. Nas palavras de Gregory Mankiw, autor de um dos manuais mais utilizados atualmente:

Os economistas têm uma forma única de ver o mundo, grande parte da qual pode ser ensinada em um ou dois semestres. Meu objetivo neste livro é transmitir esta forma de pensar ao público mais amplo possível e convencer os leitores de que ela ilumina grande parte do que está a nossa volta.¹

Inevitavelmente os manuais são omissos em relação à fronteira do conhecimento, ou seja, ao que há de mais avançado sendo produzido na disciplina. Como poderiam transmitir o núcleo básico de ideias se todas as dúvidas surgidas com o avanço da ciência estivessem presentes? Assim, os manuais sugerem que a economia é um corpo de conhecimento bem articulado como a física. As discontinuidades e as

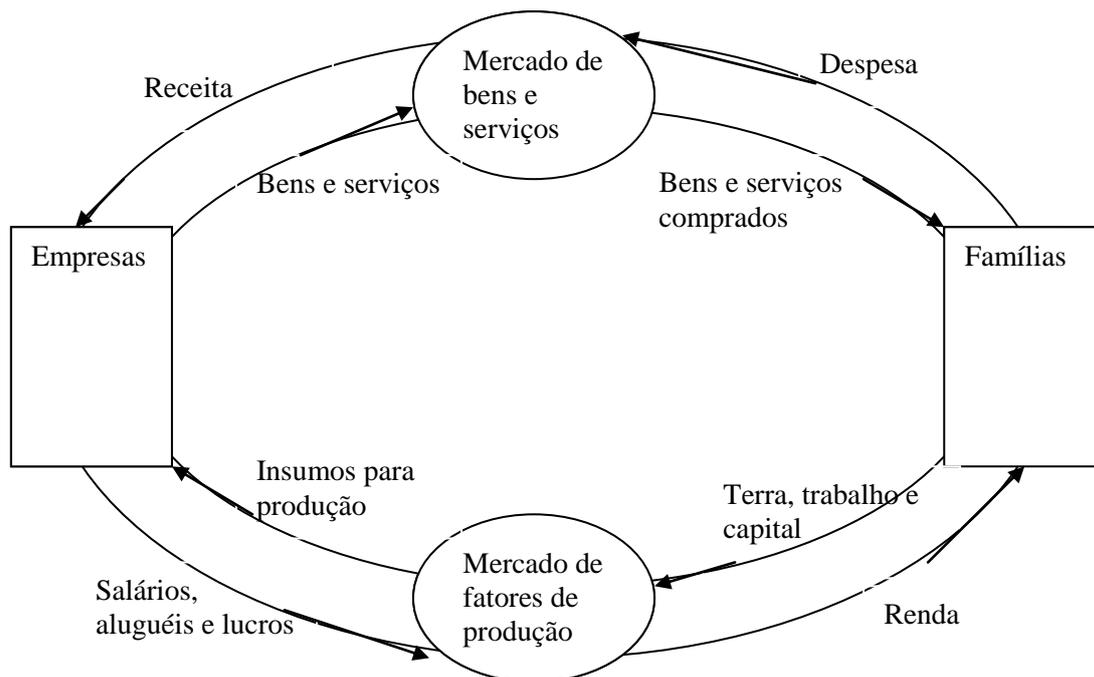
¹ Gregory N. Mankiw, *Introdução à economia: princípios de micro e macroeconomia* (2ª ed. São Paulo: Elsevier, 2001), p. vii.

revoluções no pensamento não costumam aparecer, o que faz a história do pensamento econômico parecer uma acumulação de verdades.

Em alguns aspectos, contudo, os manuais representam de fato uma espécie de visão consensual da economia. Para entender o que seria esse consenso, é necessário primeiro compreender qual é a visão de sistema econômico transmitida para as gerações de estudantes e qual a origem dessa visão. A visão que os economistas têm do mundo possivelmente seja única mesmo, embora por motivos diferentes dos defendidos por Mankiw. Enxergam o sistema econômico como um sistema isolado do ambiente, composto de matéria e energia.

O melhor exemplo dessa visão do sistema econômico é o modelo visual que explica em termos gerais a organização da economia, chamado de diagrama do fluxo circular (ver figura 1). Tal diagrama ilustra a relação fundamental entre a produção e o consumo e pretende mostrar como circulam produtos, insumos e dinheiro entre empresas e famílias.

Figura 1. Diagrama de fluxo circular.



Fonte: Gregory N. Mankiw, *Introdução à economia: princípios de micro e macroeconomia* (São Paulo: Elsevier, 2001), p. 23.

As empresas produzem bens e serviços usando vários insumos, como trabalho, terra e capital, que são chamados de fatores de produção. As famílias são proprietárias dos fatores de produção e consomem todos os bens e serviços produzidos pelas empresas. Existem dois tipos de mercado em que as empresas e as famílias interagem. O mercado de bens e serviços, em que as famílias compram e as

empresas vendem, e o mercado de fatores de produção, em que as famílias vendem insumos necessários à produção, enquanto as empresas compram. O circuito interno do diagrama mostra os fatores fluindo das famílias para as empresas, e os bens e serviços fluindo das empresas para as famílias. O circuito externo mostra o fluxo monetário. As empresas usam parte do dinheiro para pagar os fatores de produção. O que sobra é lucro dos donos, que por sua vez são membros das famílias. No circuito externo a despesa é o dinheiro que vai das famílias para as empresas, e a renda é o dinheiro que vai das empresas para as famílias, na forma de salários, aluguéis e lucro.²

Como fica claro no diagrama da figura 1, a visão que se tem do sistema econômico é a de um sistema fechado e circular. Fechado, pois não entra nada de novo e também não sai nada. E circular, pois pretende mostrar como circulam o dinheiro e os bens na economia. Trata-se de um dos exemplos compartilhados por todos que se iniciam na área de economia. Serve, portanto, para a perpetuação de uma visão particular do processo econômico.

<cit>O estudante descobre [...] uma maneira de encarar o problema como se fosse um problema que já encontrou antes. Uma vez percebida a semelhança e apreendida a analogia entre dois ou mais problemas distintos, o estudante pode estabelecer relações.³

Não é por acaso que a ideia de exemplos compartilhados representa a definição menos ambígua e mais apropriada de paradigma.⁴ Segundo seu proponente, Thomas S. Kuhn,⁵ o desenvolvimento da ciência é pontuado por rupturas ou revoluções. Contudo, as revoluções e as rupturas constituem a exceção, e a atividade de resolver problemas, no contexto de um paradigma, é a regra na ciência.

Enquanto orientada por um paradigma, a ciência é chamada de “normal”. O treinamento daqueles que se iniciam na atividade científica normal envolve concomitantemente uma introdução à linguagem e retórica necessárias na área.

O papel da retórica na economia foi apontado por Donald N. McCloskey, ao dizer que no fundo os embates entre as escolas econômicas são embates retóricos, ou seja, voltados à persuasão. Ainda que seja questionável assumir todo embate teórico como uma questão meramente linguística e de convencimento,⁶ não se pode negar a

² *Ibid.*, p. 23.

³ Thomas S. Kuhn, *A estrutura das revoluções científicas* (São Paulo: Perspectiva, 1995), p. 234.

⁴ A palavra paradigma, que na primeira edição de *A estrutura das revoluções científicas* de Thomas Kuhn tinha 22 sentidos, pode ser entendida de duas maneiras, conforme a revisão de Kuhn no pós-fácio da segunda edição de 1970. Uma é a “matriz disciplinar” e a outra são os “exemplos compartilhados”.

⁵ Thomas S. Kuhn, *A estrutura das revoluções científicas*, cit.

⁶ Leda Maria Paulani, “Economia e retórica: o capítulo brasileiro”, em *Revista de Economia Política*, 26 (1), jan.-mar. de 2006.

importância que as metáforas tiveram e continuam tendo na evolução das ideias econômicas.⁷

Na realidade, a ideia de paradigma é de que há um ato cognitivo anterior a qualquer esforço analítico. Qualquer análise é necessariamente precedida por uma visão do processo que se vai estudar. Esse ato cognitivo é o que possibilita a análise, e o que é omitido dessa visão não é recapturado pela análise subsequente. O diagrama de fluxo circular da figura 1 representa a visão pré-analítica⁸ que se tem do sistema econômico. O surgimento de novas visões do objeto estudado, as quais rejeitem o núcleo de pressuposições e exemplos compartilhados que formam a ciência normal, representam uma revolução no desenvolvimento daquela ciência. A revolução:

é uma espécie de mudança envolvendo um certo tipo de reconstrução de compromissos de grupo. Mas não necessita ser uma grande mudança, nem precisa parecer revolucionária para os pesquisadores que não participam da comunidade.⁹

O fato de os cientistas aceitarem algumas regras estabelecidas e uma visão pré-analítica é que faz o trabalho na ciência normal ser cumulativo. E a revolução na ciência é a mudança de paradigma, é o estabelecimento de uma nova visão pré-analítica e de novas regras. Para alguns historiadores do pensamento econômico, está fora de questão a existência de paradigmas dominantes na economia:

Visto que os livros-texto descrevem um conjunto relacionado de teorias conceitos e técnicas analíticas aceitas como legítimos pela maioria dos economistas; e que houve mudanças radicais na estrutura das doutrinas econômicas que determinam a situação dos problemas geralmente aceita.¹⁰

É certo que, no século XX, houve grande debate sobre como ocorre o desenvolvimento da ciência e muitas das contribuições divergem da análise de Kuhn. De acordo com Imre Lakatos,¹¹ por exemplo, a história da ciência seria uma concorrência entre programas de pesquisa. Ele quis dar uma explicação lógica para o que Kuhn chama de revolução científica. Esta é entendida por Lakatos como um processo racional de superação de um programa de pesquisa por outro melhor. E um programa é considerado melhor que outro quando tem conteúdo verdadeiramente superior ao programa rival, isto é, prevê novos fatos e tem suas previsões corroboradas.

⁷ Philip Mirowski, *Against Mechanism: Protecting Economics from Science* (Nova Jersey: Rowman and Littlefield, 1988); Geoffrey M. Hodgson, *Economics and Evolution: Bringing Life Back into Economics* (Michigan: The University of Michigan Press, 1993).

⁸ Joseph A. Schumpeter, *History of Economic Analysis* (Nova York: Oxford University Press, 1954).

⁹ Thomas S. Kuhn, *A estrutura das revoluções científicas*, cit., p. 225.

¹⁰ Phyllis Deane, *A evolução das idéias econômicas* (Rio de Janeiro: Zahar, 1980), p. 13.

¹¹ Imre Lakatos, "O falseamento e a metodologia dos programas de pesquisa científica", em Imre Lakatos & Alan Musgrave (orgs.), *A crítica e o desenvolvimento do conhecimento* (São Paulo: Cultrix, 1979).

Mark Blaug sustenta que o termo “paradigma” só deveria ser usado na literatura econômica se entre aspas e apropriadamente qualificado. Todavia, mesmo ressaltando a importância da abordagem de Lakatos para a economia, reconhece que a ideia de paradigma cumpre a importante função de “lembrar a falácia que é avaliar teorias específicas sem considerar a estrutura metafísica mais ampla na qual estão inseridas”.¹²

Para os fins deste livro, considera-se que a abordagem de Kuhn facilita o entendimento do desenvolvimento da ciência econômica e da visão unificadora do objeto estudado, ainda que não possa servir integralmente como referencial teórico. Ademais, a utilização das categorias paradigma ou revolução científica como descrições convenientes para a história do pensamento econômico não requer que se aceite por inteiro a sua teoria do desenvolvimento científico.¹³ Joseph A. Schumpeter,¹⁴ por exemplo, considera que a evolução das ideias econômicas ocorre em saltos, numa sucessão de épocas de revolução e consolidação.

Desde o surgimento da economia enquanto campo de conhecimento até os dias de hoje certamente ocorreram muitos saltos e revoluções nas ideias sobre o processo estudado. Contudo, é justamente a representação do sistema econômico como um fluxo circular isolado que deu início a esse campo de estudo, que passou a tratar o sistema econômico como uma categoria a ser estudada à parte. Para que a importância de tal representação seja realmente avaliada, deve-se ter algum conhecimento da história do pensamento econômico.

Um pouco de história

Durante muito tempo, a preocupação com questões econômicas não era uma atividade restrita a um grupo de especialistas chamados economistas, mas, sim, exercida por filósofos, advogados, empresários e funcionários públicos. As pessoas sempre pensaram em questões que apenas hoje são consideradas próprias da economia, por isso não existe um fundador da disciplina. Até onde se tem registros, a origem do termo remonta aos filósofos socráticos da Grécia Antiga. Xenofonte (século IV a.C.) intitulou sua obra *Oikonomikos*, cuja tradução literal é a administração da casa.¹⁵

É possível identificar, mesmo nos primórdios do estudo dos fenômenos econômicos, a tentativa de responder a duas questões: qual a natureza do valor econômico, ou seja, como é criada a riqueza? E como essa riqueza é distribuída? Mas aqui a retrospectiva

¹² Mark Blaug, “Kuhn versus Lakatos ou paradigmas versus programas de pesquisa na história da Economia”, em Ana Maria Bianchi (org.), *Metodologia da economia: ensaios* (São Paulo: Instituto de Pesquisas Econômicas da Faculdade de Economia e Administração da USP, 1988), p. 2.

¹³ Phyllis Deane, *A evolução das idéias econômicas*, cit.

¹⁴ Joseph A. Schumpeter, *History of Economic Analysis*, cit.

¹⁵ Roger E. Backhouse, *História da economia mundial* (São Paulo: Estação Liberdade, 2007).

começa no início da Idade Moderna, com o surgimento do Estado-nação europeu no século XV.

Numa época em que o comércio prosperava dentro dos países e entre eles e o uso da moeda se ampliava, facilitado pela descoberta de ouro nas Américas, surgiu a ideia de que a riqueza de uma nação dependia do montante de ouro e prata que ela possuísse. Ao exportar mais do que importar, ter-se-ia um saldo positivo de metais preciosos e, portanto, mais dinheiro disponível. O comércio era visto como a fonte do crescimento da riqueza. O conjunto de ideias e principalmente políticas econômicas que dominou o período do século XV ao XVIII ficou conhecido depois como mercantilismo.¹⁶

Como reação às políticas econômicas na França do século XVIII, surgiu um conjunto de ideias que consideravam que o dinheiro em si não criava riqueza. Ele precisaria circular para ser eficaz. Todavia, o peso da tributação diminuía o consumo e, portanto, a circulação da riqueza. Por isso, uma das principais ideias surgidas nessa época foi a de que o Estado não deveria interferir num processo que é governado por leis naturais. François Quesnay mostrou, em seu quadro econômico, como ocorria a circulação da riqueza. Era médico, o que contribuiu para que estudasse o sistema econômico como se fosse o sistema circulatório de algum organismo.¹⁷

A fonte da riqueza deixaria de ser associada ao comércio e à acumulação de metais preciosos. A origem da riqueza estaria na agricultura. As dádivas da natureza permitiam a obtenção de um excedente superior ao esforço empregado na produção. Contanto que não houvesse obstrução pelas intervenções de autoridades políticas, essa riqueza circulava entre as classes, permitindo a reprodução anual do sistema econômico.¹⁸ Parte da riqueza gerada na agricultura era parcialmente reutilizada como insumo necessário para o próximo ciclo produtivo. Outra parte do produto agrícola iniciava a circulação entre as classes. Essas ideias desenvolvidas principalmente entre 1756 e 1763 chegaram a constituir uma escola chamada fisiocracia, que significa domínio da natureza.

Os fisiocratas constituíram o primeiro grupo organizado de economistas, e deixaram duas contribuições científicas cruciais para os desenvolvimentos posteriores da economia:

- 1) A ideia de interdependência entre os vários processos produtivos e de equilíbrio do sistema econômico.
- 2) A representação das trocas econômicas como um fluxo circular de bens e dinheiro entre os vários setores econômicos.¹⁹

¹⁶ *Ibidem.*

¹⁷ *Ibidem.*

¹⁸ *Ibidem.*

¹⁹ Stefano Zamagni & Ernesto Screpanti, *An Outline of the History of Economic Thought* (Oxford: Clarendon, 1993).

Foi a interpretação de Adam Smith dos temas econômicos discutidos antes dele que conduziu à economia do século XIX. Em *A riqueza das nações*, de 1776, combinou seu conhecimento de filosofia moral com um enfoque na interdependência dos vários setores da economia.²⁰

Para Smith, a riqueza, ou valor econômico, é criada pelo trabalho, ou seja, pela transformação de recursos da natureza em coisas que as pessoas querem. Portanto, o segredo da criação de riqueza é a melhora na produtividade do trabalho. Para aumentar a produtividade do trabalho, é necessário que haja uma divisão do trabalho que permita a especialização em tarefas cada vez mais específicas. A ênfase dos fisiocratas na agricultura foi transferida para o setor manufatureiro. Além da produtividade do trabalho resultante da especialização, é a acumulação de capital, através da poupança proveniente dos lucros, que garantiria o crescimento econômico.²¹

Smith não achava que o crescimento pudesse seguir indefinidamente, pois a oferta fixa de terra imporá em algum momento um limite ao crescimento da população. Os economistas que se seguiram a Smith acentuaram que a tendência do ritmo de inovações técnicas seria ultrapassada pelos retornos decrescentes gerados pela pressão de uma população em rápido crescimento e pelo estoque limitado de recursos naturais.

David Ricardo e seu contemporâneo Thomas R. Malthus foram pessimistas sobre as possibilidades de crescimento econômico a longo prazo. O limite estaria na oferta de terras de boa qualidade, e, portanto, nos retornos decrescentes da produção agrícola. A ideia de retornos decrescentes é que depois de certo ponto, mesmo com aplicação de quantidades crescentes de trabalho na terra, o produto por trabalhador diminuiria. A partir daí, o crescimento da população implicaria em queda no padrão de vida, que por sua vez levaria a estabilização da população. Assim, ambos viam como tendência de longo prazo uma economia em estado estacionário, com uma população constante e vivendo num nível de subsistência.

A possibilidade do estado estacionário era vista como algo mais distante e também com certo otimismo por John Stuart Mill. Concebeu o progresso econômico como uma corrida entre mudança tecnológica e retornos decrescentes na agricultura. Até a chegada do estado estacionário, o progresso técnico já teria possibilitado satisfazer as vontades materialistas da humanidade, e a sociedade estaria livre para perseguir outras metas sociais, a um padrão de vida mais elevado do que o de sua época.

A tecnologia resolveria o problema dos limites naturais para Karl Marx. Ele assumiu que toda a escassez desapareceria no futuro, pois a humanidade já teria capacidade

²⁰ Roger E. Backhouse, *História da economia mundial*, cit.

²¹ Phyllis Deane, *A evolução das idéias econômicas*, cit..

tecnológica de superá-la e atender a todas as necessidades humanas. Sua ênfase estava na autotransformação do sistema através dos conflitos internos a ele, não levando muito em consideração os choques externos e a interação com a natureza. Via o capitalismo como seu próprio coveiro, pois a lógica interna do desenvolvimento capitalista, que é a centralização dos meios de produção e a socialização do trabalho, levaria o sistema a um ponto de incompatibilidade entre as forças de produção e as relações de produção.²²

Baseado no quadro econômico de Quesnay, Marx construiu seu esquema de reprodução simples, que determinava as condições de equilíbrio do sistema econômico, ou o fluxo de bens necessários para manter a produção funcionando, mas sem crescer²³. Para retomar a noção de reprodução de Marx:

Qualquer que seja a forma social do processo de produção, este tem de ser contínuo ou percorrer periodicamente, sempre de novo, as mesmas fases. Uma sociedade não pode parar de consumir, tampouco deixar de produzir. Considerado em sua permanente conexão e constante fluxo de sua renovação, todo processo social de produção é, portanto, ao mesmo tempo, processo de reprodução.²⁴

O esquema de reprodução simples dividia a economia em dois setores: um de produção de bens de capital e outro de produção de bens de consumo. A reprodução simples exige que o fluxo de produção dos dois setores seja suficiente para manter constantes os estoques de capital e trabalho usados na produção.²⁵

Muitos consideram o pensamento econômico de Marx parte da economia política clássica, período de ideias econômicas com raízes em Smith e orientadas por uma teoria do valor trabalho. Todavia, Marx, ao contrário de seus antecessores, não considerava as leis econômicas como leis naturais, pois sabia que elas se baseavam em instituições e leis específicas do estágio histórico específico que era o capitalismo. Uma verdadeira revolução no pensamento econômico, ocorrida no período entre 1870 e 1890, distanciaria a economia do legado da economia política clássica. Foi a chamada Revolução Marginalista. O período que se instaurou a partir daí caracterizou-se pela utilização de técnicas matemáticas de cálculo diferencial. Mas sua essência foi a mudança de foco da produção e da distribuição de riqueza para o fenômeno das “trocas”. Assim, a economia foi se distanciando dessas duas questões fundamentais. É curioso e importante notar que os autores pós-Revolução Marginalista foram abandonando o termo política na tentativa de estabelecer uma nova ciência pura do

²² Geoffrey M. Hodgson, *Economics in the Shadows of Darwin and Marx: Essays on Institutional and Evolutionary Themes* (Cheltenham: Edward Elgar, 2006).

²³ Roger E. Backhouse, *História da economia mundial*, cit.

²⁴ Karl Marx, *O capital: crítica da economia política*, vol. 1, Livro Primeiro, Tomo II, Capítulo XXI, trad. Régis Barbosa & Flávio R. Kothe (São Paulo: Nova Cultural, 1988), p. 145.

²⁵ Roger E. Backhouse, *História da economia mundial*, cit.

fenômeno econômico. Supostamente longe de juízos morais, além de rigorosa e universal como a física, a disciplina passaria a ser chamada em inglês de *economics*, em alusão a *physics*, e não mais de *political economy*.

Antes de *Elements of a Pure Economics*, de Léon Walras, a economia não era um campo do conhecimento matemático. Walras estava convencido de que se as equações do cálculo diferencial podiam capturar o movimento dos planetas e dos átomos do universo, essas mesmas técnicas matemáticas capturariam o movimento das mentes humanas na economia. Como o que se queria era previsibilidade, precisariam de um único ponto de equilíbrio estável. Assim, para cada mercadoria trocada no mercado haveria um único preço, pois a interação entre a oferta e a demanda era enxergada por ele como forças que se cancelavam.²⁶

Ao construir seu modelo de equilíbrio, Walras deixou de lado o aspecto da produção econômica para focar nas trocas entre consumidores. Para isso, assumiu que os bens já existiam e que o problema era determinar como se fixavam os preços e como os bens eram alocados entre os indivíduos. O desejo de trocar, portanto, seria um sinal de que o sistema está fora do equilíbrio. Apenas quando todos estivessem satisfeitos, dados os bens disponíveis e os preços, e ninguém quisesse trocar mais nada, o sistema estaria em equilíbrio.

O autointeresse humano era, para Stanley W. Jevons, uma força muito parecida com a força da gravidade. Para prever como um objeto se moverá num campo gravitacional, é preciso saber a direção para a qual a gravidade está agindo e o formato de qualquer restrição ao movimento do objeto. Por exemplo, é possível prever o ponto de equilíbrio de um pêndulo, sabendo-se a direção para a qual a gravidade o puxa e o comprimento do fio que restringe o seu movimento.²⁷

O autointeresse levaria os indivíduos a maximizarem sua utilidade, e esta passou a ser entendida como uma medida da satisfação pessoal proporcionada pelo consumo. Como os recursos não são infinitos, haveria uma restrição às ações. O problema, a partir de Jevons, passaria a ser o de encontrar a combinação de bens e serviços que maximizassem a utilidade (i.e., a satisfação) das pessoas, dada a restrição de recursos. Na sua visão, diferenças nas utilidades individuais criavam um tipo de energia potencial para a troca. Tanto que, para ele, a noção de valor era para a economia o que a noção de energia era para a mecânica.²⁸

A mecânica é, *grosso modo*, o estudo da locomoção, mudança de lugar ou posição, de algum objeto. Sabendo-se algumas coordenadas, diz-se exatamente onde estará um dado objeto em movimento. Uma das características de um sistema mecânico é que

²⁶ Philip Mirowski, *Against Mechanism*, cit.; Philip Mirowski, *More Heat than Light: Economics as Social Physics, Physics as Nature's Economics* (Londres: Cambridge University Press, 1989); Eric D. Beinhocker, *The Origin of Wealth: Evolution, Complexity, and the Radical Remaking of Economics* (Boston: Harvard Business School Press/Random House, 2006).

²⁷ Philip Mirowski, *Against Mechanism*, cit.

²⁸ *Ibid.*

ele envolve um princípio de conservação, ou seja, define-se uma identidade ao longo do tempo. Foi o princípio da conservação de energia, correspondente à 1ª Lei da Termodinâmica, que, na metade do século XIX, unificou e deu coerência aos estudos do calor, da luz e da locomoção (mecânica).

Tal princípio estabelece que a energia total de um sistema físico isolado é constante. Não se cria nem se destrói energia, ela apenas se transforma, sem perdas. É por isso que o tipo de fenômeno estudado pela mecânica é “reversível”. Isso significa que ele é compreendido somente pela posição do objeto em questão, não importando a trajetória temporal do objeto. Assim, num fenômeno reversível não há distinção entre passado e futuro. Por exemplo, se o movimento de um pêndulo fosse gravado e depois visto em retrocesso, não faria a menor diferença na ordem das coisas.

A Revolução Marginalista consolidou o entendimento mecânico do sistema econômico. O raciocínio estava baseado na física da primeira metade do século XIX. Mais especificamente, o tipo de analogia e metáfora em que se basearam tem a ver com o princípio da conservação de energia da física.²⁹ As trocas entre indivíduos autointeressados levariam a economia ao equilíbrio, em que todos estariam maximizando sua utilidade. A ideia era que existe no mundo social um ponto em que todas as forças que agem no sistema se cancelam.

Ao responder o que determina o preço do mercado, Alfred Marshall juntou a resposta dos clássicos com a dos marginalistas. Para os clássicos, a ênfase estava na oferta, ou seja, o preço era determinado pelo custo objetivo de tempo de trabalho. Para os marginalistas era a demanda que determinava os preços, ou seja, a utilidade que os bens têm para os consumidores. O preço de mercado, para Marshall, é o ponto em que a oferta encontra a demanda. A análise microeconômica do comportamento da firma na determinação da oferta e do consumidor na determinação da demanda ganhou força e passaria a ser chamada de economia neoclássica.³⁰

Foi Lionel Robbins quem forneceu a coerência da nova abordagem econômica ao argumentar que o núcleo teórico a ser aplicado aos problemas era, na verdade, uma teoria da escolha. Argumentou que a economia não se distingue por seu tema, mas, sim, por um aspecto específico do comportamento: alocação de recursos escassos entre fins alternativos, que essencialmente trata de escolhas. E este passou a ser o problema central da economia.

Depois do raciocínio dos marginalistas de que o problema econômico a ser resolvido era o de maximizar a utilidade das pessoas dada uma restrição de recursos, os neoclássicos do século XX acabaram identificando um princípio válido universalmente.³¹

²⁹ *Ibid.*

³⁰ Stanley Brue, *História do pensamento econômico* (São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2005).

³¹ Stefano Zamagni & Ernesto Screpanti, *An Outline of the History of Economic Thought*, cit.

Escassez de meios para satisfazer fins de importância variada é quase uma condição onipresente do comportamento humano. Aqui, então, está a unidade de assunto da ciência econômica, as formas assumidas pelo comportamento humano na disposição de meios escassos.³²

A economia neoclássica estendeu esse princípio econômico universal da alocação de dados recursos entre usos alternativos para todas as áreas de investigação. Essa tendência foi reforçada ao longo do século XX, culminando no argumento de que há um simples princípio no coração de todo problema econômico: uma função matemática para maximizar sob restrições.³³

Na década de 1930, no contexto da pior crise econômica que o mundo ocidental já conheceu, a Grande Depressão, uma nova estrutura analítica para pensar a economia foi proporcionada por John Maynard Keynes. O pensamento keynesiano teve suas raízes na preocupação com a estagnação, ou com a taxa decrescente de crescimento econômico.

Era uma visão macroeconômica, pois a preocupação era com os determinantes das quantias totais de consumo, poupança, renda, produção e emprego. Não estava, portanto, interessada em como uma empresa individual decide sobre o nível de emprego que maximiza seu lucro. As empresas produzem coletivamente um nível de produção que esperam vender. Mas às vezes os gastos totais de consumo e investimentos são insuficientes para comprar toda a produção, ocasionando demissões e redução da produção nas empresas. Keynes ofereceu uma explicação para as flutuações econômicas e um programa para minimizá-las. Com ele, houve uma volta da teoria sobre o crescimento econômico, contudo de maneira muito diferente da preocupação dos clássicos. Nenhum papel foi dado à terra, e a questão de se o crescimento deveria eventualmente cessar sequer foi mencionada. Pelo contrário, a prosperidade ininterrupta era possível se as políticas fiscais e monetárias apropriadas fossem seguidas pelo governo.

A economia de boa parte do século XX foi uma combinação da microeconomia neoclássica com a macroeconomia inspirada no keynesianismo. Essa junção foi chamada de síntese neoclássica e tem Paul Anthony Samuelson como importante articulador. Samuelson, o primeiro economista americano a ganhar o prêmio Nobel em economia em 1970, publicou seu primeiro livro-texto *Economics* em 1948. Milhões de estudantes em todo o mundo aprenderam os princípios de economia com seu livro-texto, que, em 1998, estava em sua 16ª edição. O esforço de Samuelson foi

³² Lionel Robbins, *An Essay on the Nature and Significance of Economic Science* (2. ed. Londres: Macmillan and Company, 1935), p.15, tradução livre.

³³ Philip Mirowski, *Against Mechanism*, cit.

fundamental no estabelecimento do sistema teórico neoclássico como abordagem dominante na economia em meados do século XX.³⁴

Depois da Segunda Guerra Mundial, a síntese neoclássica tornou-se praticamente um consenso entre os economistas e os formuladores de políticas econômicas. Desde que a economia crescesse e produzisse pleno emprego, o fruto do crescimento anual do produto disponibilizaria recursos adicionais para atender às necessidades de todos. O crescimento econômico passou a ser visto como a chave do sucesso, mesmo porque a síntese neoclássica aceitava o *status quo* no que diz respeito à estrutura da economia. Assim, tal sistema teórico se ajustava bem ao clima de debate que prevaleceu nas décadas subsequentes à 2ª Guerra³⁵. Faltava, contudo, uma teoria do crescimento que fosse compatível com a ideia de equilíbrio estável dos neoclássicos.³⁶ O crescimento econômico tinha sido a maior preocupação dos clássicos. Para alguns, ele seria retardado pouco a pouco até se chegar a uma economia estacionária. Para outros, ele levaria ao colapso do capitalismo. Na era da síntese neoclássica, Robert M. Solow ajudou a reconciliar o crescimento com o equilíbrio com a ideia de que os fatores capital e trabalho podem ser substituídos um pelo outro no processo. Avanços tecnológicos proporcionam uma maior produtividade do capital, aumentando a taxa de crescimento econômico e a renda *per capita*, além de mudar a estrutura da economia de acordo com o novo uso dos fatores.

No que diz respeito à pesquisa teórica, a década de 1960 representou o auge da pesquisa em torno da ideia de equilíbrio na economia. A teoria do equilíbrio geral de Walras, que tinha ficado adormecida entre as guerras mundiais, despertou no período da Guerra Fria e foi estudada por pós-graduandos da maioria dos departamentos de economia do mundo. Com base em poucas suposições irrealistas, a teoria prova que existe um sistema de preços em que todos os consumidores satisfazem ao máximo suas preferências e os produtores maximizam seus lucros, sem nenhuma intervenção do governo. Assumia-se que, se perturbada tal situação, os sistemas analisados sempre retornariam a suas posições originais.³⁷ A analogia do processo econômico como um sistema mecânico reversível não só perdurou como ainda constitui a abordagem dominante da economia.

³⁴ Stanley Brue, *História do pensamento econômico*, cit.

³⁵ O debate intelectual refletia a polarização capitalismo versus socialismo e economia de mercado versus planificada. No entanto, liberalismo econômico e socialismo eram duas faces ideológicas da mesma moeda – o crescimento via industrialização. José Eli da Veiga. “A insustentável utopia do desenvolvimento”. Reestruturação do Espaço Urbano e Regional no Brasil”, organizado por Lena Lavinias et. alli., São Paulo, Hucitec & ANPUR, 1993.

³⁶ Daniel R. Fusfeld, *A era do economista* (São Paulo: Saraiva, 2001).

³⁷ Roger E. Backhouse, *História da economia mundial*, cit.

Visão irreal

A economia que predominou durante o século XX teve origem em analogias e metáforas da mecânica clássica, da física da primeira metade do século XIX. A analogia com a mecânica tem a ver com a utilização da linguagem da física e com metáforas que representam a ideia de que nas transações de mercado ocorre uma troca de algo que pode ser definido como uma energia psíquica ou social. A estrutura analítica do paradigma dominante na economia é baseada na metáfora da conservação de energia.³⁸ A metáfora da física pré-entropia ou mecânica, transposta para a economia, não afeta apenas o discurso, mas principalmente a estrutura e a substância da disciplina.³⁹

Se do ponto de vista formal a economia não se separou da física do século XIX, a física moderna afastou-se da economia. A proximidade formal entre a economia e a física mecanicista não garantiu que o estudo do processo econômico fosse permeado pela atenção às relações biofísicas com seu entorno. Ao contrário, o paradigma mecânico na economia teve como importante sintoma o não reconhecimento dos fluxos de matéria e energia que entram e saem do processo econômico, e muito menos o reconhecimento da diferença qualitativa entre o que entra e o que sai nesse processo.

É o caso do modelo visual do fluxo circular apresentado em “O paradigma” (figura 1), em que o sistema econômico é visto como em harmonia e equilíbrio. Os fisiocratas e os clássicos que consolidaram a análise do fluxo circular do processo econômico ainda se preocupavam com a origem da riqueza. Todavia, a partir da Revolução Marginalista, a análise do fluxo circular passa a fazer parte de um arcabouço mecânico que reduz todas as questões econômicas a questões alocativas.

O diagrama do fluxo circular apresenta uma visão irreal de qualquer economia, por considerá-la como um sistema isolado no qual nada entra e nada sai, uma vez que nessa concepção nada existe no exterior dele mesmo. A visão que comumente se tem da economia é a de que ela é uma totalidade.

O diagrama é estritamente uma representação da circulação do dinheiro na economia e dos bens em sentido reverso, sempre dentro dele mesmo, sem absorver materiais e sem ejetar resíduos. Se a economia não gera resíduos e não requer novas entradas de matéria e energia, então se trata de uma máquina de moto-perpétuo, ou seja, uma máquina capaz de produzir trabalho ininterruptamente, consumindo a mesma energia e valendo-se dos mesmos materiais. Tal máquina seria um reciclador perfeito. Todavia, isso contradiz uma das principais leis da física: a segunda lei da termodinâmica, a lei da entropia.

³⁸ Philip Mirowski, *Against Mechanism*, cit.

³⁹ Geoffrey M. Hodgson, *Evolution and Institutions: on Evolutionary Economics and the Evolution of Economics* (Cheltenham: Edward Elgar, 1999).

Em uma de suas formulações, Lord Kelvin diz que é impossível realizar um processo cujo *único* efeito seja remover calor de um reservatório e produzir uma quantidade equivalente de trabalho. Isso porque a energia em sua forma calor tende a se dissipar, impossibilitando sua utilização por completo para gerar trabalho. O que significa que qualquer sistema para continuar funcionando precisa de energia entrando, no mínimo de maneira constante.

A economia não é uma totalidade, mas, sim, um subsistema de um sistema maior, geralmente chamado de meio ambiente. Os seres vivos dependem de um fluxo metabólico. Os biólogos, ao estudarem os sistemas circulatórios dos organismos, não esqueceram o que entra e o que sai. Contudo, os economistas, ao focarem no fluxo circular monetário, ignoraram o fluxo metabólico real. Ao contrário dos economistas, os biólogos jamais imaginaram um ser vivo como um sistema total, ou como máquina de moto-perpétuo.⁴⁰

Em épocas passadas, as consequências desse erro conceitual poderiam não ter muito significado, pois ainda eram pequenas as proporções de extração de materiais e energia e de produção de fluxo de resíduos. Atualmente, está claro que é preciso corrigir esse equívoco e levar em conta tanto a geração de lixo quanto a dilapidação do capital natural. É preciso entender que o modelo está equivocado e que ele não substitui a realidade.

Karl Marx⁴¹ foi um autor que considerou essa interação da sociedade com a natureza quando se referiu ao metabolismo social.⁴² Marx entendia por metabolismo social o processo pelo qual a sociedade humana transforma a natureza externa, transformando, assim, sua natureza interna. A ação de transformar a natureza externa é o trabalho. A organização capitalista da sociedade separa de forma absoluta o trabalhador de seus meios de vida. O trabalhador assalariado está separado da terra como condição natural de produção, depende de vender sua força de trabalho para comer, e está separado do próprio processo de produção como atividade transformadora. Inicia-se, assim, uma falha metabólica que só é compreendida tendo em mente o funcionamento do modo de produção capitalista.⁴³

Como, para Marx, o capitalismo separou a reprodução material da sociedade dos condicionantes naturais, ele não considerou a entrada de recursos naturais essenciais para a reprodução do sistema nos esquemas analíticos utilizados para representar a economia. Seus esquemas de reprodução consideram que o sistema se reproduz se houver um fluxo suficiente de bens de consumo e bens de capital sendo produzidos e

⁴⁰ Herman E. Daly & Joshua Farley, *Ecological Economics: Principles and Applications* (Washington: Island Press, 2003).

⁴¹ Karl Marx, *Gundrisse* (Nova York: Vintage, 1973 [1859]).

⁴² O termo “metabolismo” começou a ser adotado largamente por fisiologistas alemães apenas a partir das décadas de 1830 e 1840, para se referir às trocas materiais relacionadas com a respiração de um organismo. Tornou-se de uso corrente ao ser usado por Justus Von Liebig (1803-1873).

⁴³ John Bellamy Foster, *A ecologia de Marx: materialismo e natureza* (Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2005).

circulando na economia. Capital e trabalho são os únicos fatores de produção nesses esquemas, assim não foi atribuída nenhuma importância para o papel da natureza na explicação da dinâmica capitalista, nem como fonte provedora de recursos, nem como sumidouro de resíduos.

Até meados da década de 1960, nenhuma escola de pensamento econômico considerava explicitamente a entrada de recursos naturais necessários para a produção e a saída necessária dos resíduos da produção. Esse é um exemplo do sistema econômico entendido como um fenômeno mecânico, em que os processos são revertidos a qualquer momento, apenas alterando a posição em que o dinheiro se encontra no sistema.

Contudo, as mudanças reais que ocorrem na economia têm direção no tempo, são irreversíveis e, mesmo do ponto de vista da física, há uma mudança qualitativa promovida pelo sistema econômico. O que faz o sistema produtivo? Transforma matéria-prima, recursos naturais, em produtos que a sociedade valoriza. Mas não só. Essa transformação produz necessariamente algum tipo de resíduo, que não entra de novo no sistema produtivo. Se a economia capta recursos de qualidade de uma fonte natural e devolve resíduos sem qualidade para a economia à natureza, então não é possível tratar a economia como um ciclo isolado. A transformação econômica é irreversível e qualitativa. Razão porque não foi compreendida em todas as suas facetas pela física da primeira metade do século XIX, que estabelece a reversibilidade dos fenômenos.

A utilização da metáfora mecânica faz com que a economia seja tratada como um sistema isolado, autocontido e a-histórico, não induzindo mudança qualitativa, nem sofrendo efeitos das mudanças qualitativas no ambiente. Muitos já criticaram o viés anti-histórico da economia neoclássica, mas sem perceber a futilidade que é tentar impor a história nas teorias neoclássicas sem questionar a metáfora física que a inspirou.⁴⁴

A desvinculação da metáfora mecânica se dá com o abandono da visão da economia isolada da natureza passando à adoção da visão da economia como parte de um ecossistema vivo e atuante. Até o final da década de 1960, entre as diferentes escolas de pensamento econômico, não se havia questionado tal entendimento. Uma crítica profunda ao mecanicismo e à concepção do processo econômico como circular e isolado da natureza só seria feita no artigo “Process in Farming Versus Process in Manufacturing: a Problem of Balanced Development” e na introdução da coletânea *Analytical Economics*, ambos de Nicholas Georgescu-Roegen.⁴⁵

⁴⁴ Philip Mirowski, *Against Mechanism*, cit.

⁴⁵ Nicholas Georgescu-Roegen, “Process in Farming Versus Process in Manufacturing: a Problem of Balanced Development”, Conference of the International Economic Association, Roma, setembro de 1965; Nicholas Georgescu-Roegen, *Analytical Economics* (Cambridge: Harvard University Press, 1966).

2 – Outro paradigma

Caso se estivesse à procura de uma única palavra para condensar a visão de Georgescu, essa palavra seria “evolução”. Evolução – mudança real – era, para Georgescu-Roegen, o ponto inicial e final para a maior parte de sua obra.

(Randolph Beard & Gabriel A. Lozada, *Economics, Entropy and the Environment: The Extraordinary Economics of Nicholas Georgescu-Roegen*)

A formação de Georgescu

Nicholas Georgescu-Roegen nasceu em 1906, em Constanța, na Romênia. No dia em que foi anunciada a entrada da Romênia na Primeira Guerra Mundial (27 de agosto de 1916), Georgescu ficou sabendo que tinha conseguido uma bolsa de estudos para uma escola preparatória. Seus primeiros estudos só começariam com o término da guerra. Em 1918 entrou para o *lycée* na capital Bucareste, em que havia pouco o que fazer a não ser estudar. Estudou lá de 1918 a 1923, quando entrou para o curso de matemática na Universidade de Bucareste. Formou-se em 1926 e ganhou uma bolsa de doutorado para estudar na Sorbonne em Paris.⁴⁶

Lá Georgescu mudou da matemática para a estatística. Entre 1927 e 1930 esteve ligado ao Institut de Statistique, onde foi diretamente influenciado por Émile Borel. Sua tese “Le Problème de la recherche des composantes cycliques d’un phénomène” de tão elogiada foi publicada na íntegra no *Journal de la Société de Statistique de Paris*, em outubro de 1930. Em 1931 conseguiu uma bolsa para estudar dois anos em Londres com o criador da estatística e filósofo da ciência Karl Pearson. Essa convivência o convenceu de que todo pesquisador deve estudar algo de filosofia para controlar a verossimilhança do próprio esforço científico. A representação satisfatória do mundo real é a questão primária de qualquer esforço científico.

Sua tese sobre fenômenos cíclicos chamou a atenção de economistas de Harvard, que se empenhavam num projeto chamado Barômetro econômico. Havia proposto um novo método para a análise de períodos, que permitiu que se encontrassem os coeficientes para alguns processos aleatórios. Por isso, em 1934 ganhou uma bolsa da fundação Rockefeller para visitar a Universidade de Harvard por dois anos. Ao chegar a Harvard, descobriu que o projeto não existia mais. Estava pronto para voltar para a Romênia quando pediu um encontro com Joseph A. Schumpeter, que na época se dedicava à elaboração de uma grande teoria dos ciclos. O diálogo entre eles era,

⁴⁶ Joseph C. Dragan & Mihai C. Demetrescu, *Entropy and Bioeconomics: the New Paradigm of Nicholas Georgescu-Roegen* (Milão: Nagard, 1986).

portanto, total, dado o tema da tese de Georgescu. Schumpeter chegou a usar sua técnica, numa versão simplificada, em seu livro *Business Cycles* de 1939.

Schumpeter foi uma das figuras da primeira metade do século XX que tentaram explicar o mecanismo de mudança no capitalismo, indo na contramão das preocupações dominantes da economia de sua época. A contribuição geral de Schumpeter para a economia consiste em sua ênfase na importância dos empreendedores e das inovações para que uma economia se desenvolva. O economista austríaco lecionou em Harvard e presidiu a *American Economic Association* de 1932 até sua morte.

Schumpeter teve influência crucial na carreira de Georgescu e foi quem o transformou em um economista. Os dois anos (1934 a 1936) de convívio em Harvard foram de atividade intelectual intensa e fundamentais para reforçar sua convicção de que os processos históricos são únicos e impossíveis de serem descritos precisamente por uma fórmula matemática. Nesse período foi membro de um grupo de estudos que reunia economistas como Wassily Leontief,⁴⁷ Oskar Ryszard Lange,⁴⁸ Fritz Machlup,⁴⁹ Nicholas Kaldor⁵⁰ e Paul M. Sweezy,⁵¹ além do próprio Schumpeter.

Enquanto estava em Harvard, Georgescu escreveu quatro artigos importantes para a teoria do consumidor e para a teoria da produção.⁵² Schumpeter chegou a convidá-lo para escrever um livro em coautoria, além de lhe oferecer uma vaga de professor na Faculdade de Economia de Harvard, mas Georgescu achava que devia voltar para a Romênia para colocar seus conhecimentos em prática. Tinha um sentimento de obrigação com seu país. Assim, em 1937 retornou à Romênia.

Na Romênia ocupou muitos cargos no governo. Foi diretor do Instituto Central de Estatística de Bucareste, conselheiro econômico no Departamento de Finanças, diretor no Ministério do Comércio. Entre 1944 e 1945, assumiu o cargo de secretário-

⁴⁷ O nome de Leontief tem sido associado a um tipo particular de economia quantitativa: a análise insumo-produto. Foi prêmio Nobel em 1973 por suas contribuições nessa área.

⁴⁸ As maiores contribuições de Lange estão no período 1933-1945, em que tentou juntar a teoria neoclássica do preço com suas convicções socialistas. Argumentou que uma economia estatal podia ser mais eficiente do que uma economia de livre mercado no livro *On the Economic Theory of Socialism*.

⁴⁹ Notável por ter sido um dos primeiros economistas a examinar o conhecimento como um recurso econômico. Estudou economia nos anos 1920 em Viena com Ludwig Von Mises e Friedrich August von Hayek. Foi presidente da Associação Americana de Economia em 1966.

⁵⁰ Suas contribuições foram muitas em diversas áreas, mas pode ser lembrado como quem forjou, junto com Joan V. Robinson, o núcleo da Escola de Cambridge na Inglaterra e escolas afiliadas como Neo-Ricardiana e a Pós-Keynesiana.

⁵¹ Conhecido principalmente por ter analisado a competição monopolística e por ter reintroduzido o pensamento marxista na Economia com o livro *Teoria do desenvolvimento Capitalista*.

⁵² Nicholas Georgescu-Roegen, "Note on a Proposition of Pareto", em *Quarterly Journal of Economics*, vol. 49, agosto de 1935, pp. 706-714; Nicholas Georgescu-Roegen, "Fixed Coefficients of Production and the Marginal Productivity Theory", em *Review of Economic Studies*, 3 (1), outubro de 1935, pp. 40-49; Nicholas Georgescu-Roegen, "Marginal Utility of Money and Elasticities of Demand", em *Quarterly Journal of Economics*, 50 (3), maio de 1936, pp. 533-539; Nicholas Georgescu-Roegen, "The Pure Theory of Consumer's Behavior", em *Quarterly Journal of Economics*, vol. 50, agosto de 1936, pp. 545-593.

geral da Comissão Romena de armistício com a ex-União Soviética. No período de 1937 a 1948 viveu sob quatro ditaduras consecutivas: Carol II, Mihai Carol, Ion Antonescu e Petru Groza, este último pró-comunista. Depois da vitória definitiva do Partido Comunista na Romênia, fugiu com sua mulher para os Estados Unidos em 1948. Em 1949 foi convidado a integrar a Universidade de Vanderbilt, em Nashville, Tennessee, onde permaneceu até se aposentar em 1976. Viveu e trabalhou em Nashville até falecer em 1994.⁵³

Seu primeiro artigo em economia – “Note on a proposition of Pareto” – publicado em 1935, discute a medição da utilidade. Para os marginalistas, a utilidade era algo que poderia ser tratado da mesma maneira que uma quantidade observável, tal como se mede o peso de algum objeto. No final do século XIX, havia surgido outra visão do que é a utilidade: uma expressão das preferências, portanto das escolhas individuais. O economista italiano Vilfredo Pareto, sucessor de Léon Walras na cátedra de Lausanne, teve papel decisivo nessa abordagem.

Entre as décadas de 1890 e 1920, a Revolução Marginalista tinha perdido força, e a década de 1930 representou a retomada e a consolidação desse pensamento, sobretudo via legado de Pareto. Os economistas que retomaram as ideias de Pareto ficaram conhecidos como paretianos. Os trabalhos da escola de Lausanne começaram a romper a barreira da língua inglesa. Nessa década, os economistas paretianos se encontravam principalmente na London School of Economics, na Universidade de Chicago e de Harvard. Entre 1934 e 1937, Georgescu estava em Harvard e entrou para a economia utilizando seu profundo conhecimento da matemática para discutir as questões deixadas por Pareto.

De acordo com Pareto, a utilidade está relacionada à satisfação de uma necessidade ou desejo individual, legítimo ou não. As implicações dessa abordagem são importantes, pois, de um lado, a utilidade se refere ao ordenamento de preferências do indivíduo, e, de outro, as preferências são definidas no que diz respeito a uma situação de escolha. O fundamento da utilidade estava no comportamento virtual de um indivíduo que tem que escolher.

Surgiu, assim, a teoria da escolha, ou teoria do consumidor. Trata-se de uma teoria microeconômica que busca descrever como os consumidores tomam decisões de compra e como enfrentam dilemas e mudanças no ambiente de preços. Para a teoria do consumidor, as pessoas escolhem obter um bem em detrimento do outro em virtude da utilidade que ele lhe proporciona. A utilidade se refere às preferências do consumidor, por isso um importante instrumento de análise e determinação de consumo são as chamadas curvas de indiferença. O gráfico das curvas de indiferença

⁵³ Joseph C. Dragan & Mihai C. Demetrescu, *Entropy and Bioeconomics*, cit.; Andrea Maneschi & Stefano Zamagni, “Nicholas Georgescu-Roegen, 1906-1994”, em *The Economic Journal*, 107 (442), 1997, pp. 695-707.

serve para mostrar as diferentes combinações de cestas de mercadorias que satisfazem o indivíduo da mesma maneira. Indica que as mercadorias substituem umas às outras para a satisfação do consumidor.

No artigo “The Pure Theory of Consumer’s Behavior” de 1936, Georgescu formulou um postulado necessário para a existência das curvas de indiferença. Indicou pela primeira vez quais são as condições específicas para que uma entidade qualquer possa ser medida. Nem as vontades nem as expectativas humanas atendem a tais condições de mensurabilidade. Ele mostrou que a solidez aparente das demonstrações de como estabelecer tais medidas, na verdade, derivam de uma falácia ordinalista. É a ideia de que qualquer coisa que apresente mais e menos seja um contínuo linear. Mostrou também que o ordenamento de preferências não implica necessariamente uma medida da preferência do consumidor.

Outra contribuição importante do mesmo artigo foi desvendar o problema da integrabilidade que inicia com Pareto, considerado por muito tempo um pseudoproblema. Trocando em miúdos: suponha que as pressuposições que descrevem o comportamento do consumidor sejam confirmadas pela realidade. Seria possível dizer que o consumidor é um agente que necessariamente maximiza alguma função utilidade? Foi com esse problema que Georgescu entrou para a comunidade de economistas neoclássicos. Para garantir que a teoria do consumidor fosse coerente com os pressupostos e com a realidade observável, era necessário adicionar condições que não fossem passíveis de verificação empírica.⁵⁴

Alguns economistas consideram esse artigo de 1936 a contribuição mais importante de Georgescu. Para João Rogério Sanson, ex-aluno de Georgescu, esse artigo é o trabalho que mais impressiona por seus axiomas e sofisticação matemática.⁵⁵

Foram os questionamentos e a especificação das condições que deram base para a teoria da preferência revelada desenvolvida por Paul Anthony Samuelson⁵⁶. Uma grande contribuição de Samuelson foi substituir a teoria da utilidade por um conjunto de regras lógicas básicas para ordenar as preferências das pessoas; tais regras consolidaram a teoria do comportamento do consumidor. A noção de utilidade era misteriosa, incapaz de ser observada e impossível de ser medida. Samuelson resolveu a questão dizendo que não era preciso olhar para dentro da cabeça das pessoas e medir a utilidade diretamente. Contanto que as pessoas fossem lógicas e consistentes

⁵⁴ Stefano Zamagni, “Georgescu-Roegen on Consumer’s Theory: an Assessment”, em Kozo Mayumi & John M. Gowdy, *Bioeconomics and Sustainability: Essays in Honor of Nicholas Georgescu-Roegen* (Cheltenham: Edward Elgar, 1999).

⁵⁵ Veja no Anexo I questionário sobre Georgescu por João Rogério Sanson.

⁵⁶ O autor deste livro não encontrou evidência do reconhecimento de Georgescu-Roegen por Samuelson no que diz respeito ao pioneirismo na formulação da idéia de preferência revelada, embora Samuelson tenha reconhecido o pioneirismo de Georgescu-Roegen na formulação de outro teorema, o da “não-substituição”, normalmente atribuído à Samuelson. John M. Gowdy & Susan Mesner, “The Evolution of Georgescu-Roegen’s Bioeconomics”, em *Review of Social Economy*, 56 (2), 1998, nota de rodapé 1.

nos seus comportamentos, elas revelariam suas preferências através das escolhas feitas.

Em 1937, quando retornou à Romênia, Georgescu já estava treinado em matemática, estatística e economia. Contudo, logo percebeu a diferença entre o que poderia ser explicado com a teoria econômica que aprendera e a realidade de uma economia cujas instituições são não capitalistas. Dedicou dois artigos para esse tema: “Economic Theory and Agrarian Economics” em 1960 e “The Institutional Aspects of Peasant Economies: a Historical and Analytical Review” em 1965.

O artigo “Economic Theory and Agrarian Economics”, embora publicado apenas em 1960, já havia sido escrito quando retornou aos Estados Unidos, em 1948. Tal artigo, escrito durante os anos na Romênia, foi apresentado num simpósio na Universidade de Chicago, mas, como a recepção foi muito hostil, não o enviou para publicação, até que o editor do periódico *Oxford Economic Papers* o convidou doze anos depois.⁵⁷

O artigo tenta responder a seguinte pergunta: Pode uma teoria econômica que descreve o sistema capitalista ser usada para analisar com sucesso outro sistema econômico? Afinal, as sociedades humanas variam enormemente de acordo com o tempo histórico e com a localidade.

Georgescu⁵⁸ discutiu principalmente a conduta do *homo economicus*. A racionalidade assumida pela teoria neoclássica é a de um comportamento estritamente hedonista do indivíduo. A satisfação do indivíduo estritamente hedonista depende apenas da quantidade de mercadorias em sua posse. Para Georgescu,⁵⁹ a maneira como a teoria neoclássica vê a conduta humana só vale numa situação de consumidores com renda suficiente e cujas escolhas econômicas são guiadas apenas pela quantidade de mercadorias.

No entanto, a escolha de um indivíduo não é determinada somente pela quantidade de mercadorias, mas também pelas ações necessárias para obtê-las. A propensão a agir de uma maneira ou de outra depende da matriz institucional a qual o indivíduo pertence. No caso de uma comunidade rural de base familiar, o mais comum é que os

⁵⁷ John M. Gowdy & Susan Mesner, “The Evolution of Georgescu-Roegen's Bioeconomics”, em *Review of Social Economy*, 56 (2), 1998, pp. 136-156.

⁵⁸ Nicholas Georgescu-Roegen, “Economic Theory and Agrarian Economics”, em *Oxford Economic Papers*, 12 (1), fevereiro de 1960, pp. 1-40 [reimpresso em Nicholas Georgescu-Roegen, *Energy and Economic Myths. Institutional and Analytical Economic Essays* (Nova York: Pergamon Press, 1976)]; Nicholas Georgescu-Roegen, “The Institutional Aspects of Peasant Economies: a Historical and Analytical Review”, artigo apresentado no A/D/C Seminar on Subsistence and Peasant Economies, East-West Center, Honolulu, Hawaii, 28 de fevereiro e 6 de março, 1965 [pequena versão reimpressa em Nicholas Georgescu-Roegen, *Energy and Economic Myths*, cit.

⁵⁹ “A teoria utilitária moderna é a teoria de um consumidor que tem uma renda relativamente grande e cujas escolhas econômicas são guiadas apenas pelas quantidades de mercadorias.” (Nicholas Georgescu-Roegen, “Utility”, tradução livre, em *The International Encyclopedia of the Social Sciences*, vol. XVI, Nova York, Macmillan, 1968, p. 568.)

valores culturais do vilarejo pesem mais na hora da escolha do indivíduo, ainda mais se a decisão diz respeito aos outros membros da comunidade.⁶⁰

Se o comportamento estritamente hedonista já é pouco realista no contexto urbano-industrial, que dirá numa comunidade rural em que os indivíduos se pautam pelas instituições comunitárias do vilarejo. Possivelmente valha para o personagem Robinson Crusó,⁶¹ mas dificilmente para aqueles que vivem em sociedade.

Georgescu⁶² chegou à conclusão de que os dois principais sistemas teóricos da economia, de sua época, neoclássico e marxista, tinham dificuldades de explicar um contexto diferente do industrializado, urbanizado e individualista, sem assumirem premissas fictícias. Tudo isso para dizer que a trajetória das economias avançadas não pode mostrar qual é o caminho a ser trilhado pelos demais países, como a sua Romênia natal, pois as mesmas oportunidades não podem ser repetidas. Assumir que os processos que sustentaram o progresso das economias avançadas necessariamente beneficiam economias de regiões rurais, com formas tão distintas de organização social, é uma extrapolação.

Na década de 1950, já em Vanderbilt, Georgescu se dedicou às questões epistemológicas da teoria do consumidor. Os mais importantes trabalhos publicados nessa década foram: “The Theory of Choice and the Constancy of Economic Laws”, “Choice and Revealed Preference”, “Choice, Expectations, and Measurability”, “Threshold in Choice and the Theory of Demand” e “The Nature of Expectation and Uncertainty”. A pergunta que o orientou era se os modelos teóricos neoclássicos descreviam adequadamente o comportamento das pessoas, no que diz respeito às escolhas.

Desses artigos, possivelmente o mais decisivo é o “Choice, Expectations, and Measurability”,⁶³ em que oferece uma nova abordagem para o processo de escolha, cuja conclusão é de que a utilidade sequer pode ser medida de maneira ordinal. Existe uma hierarquia de necessidades e vontades, e na base dessa hierarquia estão as mais urgentes. São aquelas ligadas à natureza biológica do homem, logo são igualmente ordenadas para todos os seres humanos. Estas são seguidas por vontades sociais, que têm a mesma ordem para todas as pessoas que pertencem à mesma cultura. Por último, existem vontades pessoais que variam irregularmente de indivíduo para indivíduo. Necessidades e vontades de diferentes níveis são irreduzíveis. Isto é,

⁶⁰ Nicholas Georgescu-Roegen, “The Institutional Aspects of Peasant Economies”, cit., p. 224.

⁶¹ Na obra-prima de Daniel Defoe, é o único sobrevivente de um naufrágio, que vai parar em uma ilha desabitada.

⁶² Nicholas Georgescu-Roegen. “Economic Theory and Agrarian Economics”, em *Oxford Economic Papers*, 12 (1), fevereiro de 1960, pp. 1-40 [reimpresso em Nicholas Georgescu-Roegen, *Energy and Economic Myths. Institutional and Analytical Economic Essays* (Nova York: Pergamon Press, 1976)]

⁶³ Nicholas Georgescu-Roegen, “Choice, Expectations, and Measurability”, em *Quarterly Journal of Economics*, 68 (4), novembro de 1954.

aquele que não tem o que comer não pode satisfazer sua fome usando mais camisetas, pois não pode ser indiferente entre comida e roupas. Como há uma hierarquia de necessidades e vontades, só pode haver indiferença entre aquelas que se encontram num mesmo nível.

Em 1966, Georgescu organizou a coletânea *Analytical Economics* com seus primeiros artigos da década de 1930, com as contribuições da década de 1950 para a teoria da escolha e com artigos que tratavam de outros temas, como o “Economic Theory and Agrarian Economics” sobre a economia de países agrários com alta densidade populacional. Como introdução, escreveu 127 páginas sobre questões que extrapolavam a ciência econômica. Mas, por que alguém escreveria uma introdução do tamanho de um livro para uma coletânea de artigos de 1936 a 1960?

Georgescu aceitou a sugestão da editora Harvard University Press de fazer uma introdução relacionando seu pensamento com os artigos, pois assim poderia articular e dar uma coerência geral para suas contribuições prévias. Tal introdução daria origem ao livro que pode ser considerado sua obra máxima *The Entropy Law and the Economic Process* de 1971.

A coletânea *Analytical Economics* mereceu o prefácio de Samuelson, já respeitado por causa do livro-texto *Economics* e por suas contribuições importantes à teoria do consumidor. Samuelson considerou Georgescu pioneiro na economia matemática, mas em primeiro lugar, um economista. Fez ainda a seguinte observação sobre o autor: “Mesmo sendo um especialista na matemática, ele é imune aos charmes sedutores desse instrumento, sabendo usá-lo de maneira objetiva e com o pé no chão”.⁶⁴ Chamou-o de professor dos professores e de economista dos economistas. No final do prefácio, além de ter considerado seu artigo de 1936 sobre teoria do consumidor um clássico, desafiou qualquer economista informado a permanecer indiferente depois de refletir sobre a introdução do livro.

A inquietação de Georgescu era que enquanto na física os maiores autores passaram a filosofar sobre sua ciência, na economia o debate epistemológico era muito pouco efetivo. Assim, essa introdução explorou o divisor de águas de cada questão de maneira mais intensa e extensa do que já havia sido feito no passado. Mais especificamente, extrapolou as questões epistemológicas para além das fronteiras da economia. Como resultado, chegou à conclusão de que, contrariamente ao que se pensava, muitas questões com as quais deparam os economistas não são específicas dessa disciplina, elas surgem também nas ciências físicas. São questões que dizem respeito às mudanças qualitativas que são estruturais, em contraposição às mudanças que só envolvem variação de quantidade.

⁶⁴ Samuelson, Paul Anthony. “Foreword”, In: Nicholas Georgescu-Roegen, *Analytical Economics*, (Cambridge: Harvard University Press, 1966), p. ix.

O que é mais importante no caso das estruturas evolucionárias é o surgimento de inovações. Isso significa que, para explicar as mudanças nos sistemas que evoluem no tempo, é fundamental a utilização de palavras. Os números não dão conta de tudo. “A parte mais relevante da história é uma história contada em palavras, mesmo quando é acompanhada por algumas séries temporais que marcam a passagem do tempo.”⁶⁵

Aprendeu com Schumpeter, seu verdadeiro tutor em economia, que as mudanças fundamentais no sistema econômico são de ordem qualitativa, e não podem ser compreendidas com números. Um dos ensinamentos característicos de Schumpeter é de que o aspecto mais importante do processo econômico é precisamente o contínuo surgimento de inovações. E a inovação é imprevisível, pois ocorre apenas uma vez no tempo cronológico.

É por causa do surgimento constante de inovações que não é possível compreender a realidade apenas com a ajuda da análise. A análise consiste em uma descrição sistemática da realidade somente com a ajuda de conceitos aritmomórficos. A propriedade característica destes conceitos pode ser melhor ilustrada por um número. Por exemplo, o número “um” está completamente isolado de todos os outros números. Não existe nenhum número que é ao mesmo tempo “um” e “não um” [...] Além disso, um número não pode mudar com o tempo. O que “um” significou nos primórdios dos tempos em que se começou a contar é ainda válido hoje e será sempre. O mesmo não é verdade para a maior parte de nossas ações básicas.⁶⁶

Mesmo tendo sido formado em matemática e depois se aprofundado em estatística, Georgescu questionou o excessivo formalismo da ciência econômica, que deixava os aspectos mais interessantes de fora da análise.

Eu estaria entre os últimos servos da ciência a negar o papel indispensável da teoria, que deve necessariamente aspirar a ser quantitativa e, portanto, matemática, uma vez que a teoria não está separada da realidade. Todavia, como meu mestre Joseph Schumpeter fez com tanta sagacidade, eu estaria entre os primeiros a defender a necessidade absoluta de estudos históricos e institucionais na ciência social, portanto, na economia.⁶⁷

Por trinta anos escreveu artigos de economia em periódicos de primeira linha como *Quarterly Journal of Economics* e *Econometrica*. Sempre esteve preocupado com a questão da validade das representações analíticas da realidade. Assim, com seu

⁶⁵ Nicholas Georgescu-Roegen, “Métodos em ciência econômica”, em *Edições Multiplic*, 1 (2), dezembro de 1980, pp. 115-27.

⁶⁶ *Ibid.*, p. 119.

⁶⁷ Nicholas Georgescu-Roegen, “Foreword”, em Nicholas Georgescu-Roegen, *Energy and Economic Myths*, cit., p. xi, tradução livre.

profundo conhecimento da matemática entrou para a comunidade dos economistas discutindo postulados necessários para a sustentação das teorias e seguiu a carreira tentando propor novas representações para o comportamento do consumidor. A introdução de *Analytical Economics* representa uma profunda reflexão filosófica sobre as ciências. É como se ele passasse a enxergar a economia de fora.

Termodinâmica *versus* mecânica

Possivelmente a crítica epistemológica mais importante de Georgescu,⁶⁸ já presente na introdução de *Analytical Economics*, se refira ao fato de a economia neoclássica considerar o processo econômico como um fenômeno mecânico, independente do lugar e do tempo histórico. Para a mecânica, que analisa o movimento, as variações de energia e as forças que atuam sobre um corpo, não existe diferença entre passado e futuro. A mecânica parte do princípio de que independentemente de onde, como e por que ocorrem os fenômenos, o espaço e o tempo não são afetados. O que ela entende por espaço e tempo não diz respeito ao lugar/local e ao tempo cronológico, mas, sim, à “distância indiferente” e ao “intervalo de tempo indiferente”.

Seu segundo e mais importante livro, *The Entropy Law and the Economic Process*,⁶⁹ é dedicado quase que exclusivamente a mostrar a diferença irreduzível entre a mecânica e a segunda lei da termodinâmica, a lei da entropia, uma lei evolucionária. Existe uma diferença entre o tempo histórico “T” e o tempo dinâmico “t” da mecânica, coisa já reconhecida por Schumpeter.⁷⁰ Mas Georgescu mostrou aos economistas que a raiz dessa distinção não está nas ciências históricas, e sim no coração da própria física, entre a mecânica e a termodinâmica. Mostrou que, mesmo do ponto de vista físico, a economia não pode ignorar o tempo histórico, pois a produção econômica é uma transformação entrópica.

Entropia é o conceito utilizado pelos cientistas para explicar, por exemplo, por que os cubos de gelo derretem numa calçada quente. A lei da conservação da energia, correspondente à primeira lei da termodinâmica, não explica tal fenômeno. Com apenas essa lei, seria possível que o calor saísse do cubo de gelo, contanto que a mesma quantidade de calor fosse para o ar. Se isso pudesse acontecer, o cubo de gelo ficaria mais frio e o ar mais quente. A entropia serve para explicar por que o calor sempre flui de objetos mais quentes para os mais frios e por que esse processo é espontâneo. Assim, ela está relacionada com as mudanças que ocorrem

⁶⁸ Nicholas Georgescu-Roegen, *Analytical Economics*, cit.

⁶⁹ Nicholas Georgescu-Roegen, *The Entropy Law and the Economic Process* (Cambridge: Harvard University Press, 1971).

⁷⁰ Joseph A. Schumpeter, *History of Economic Analysis* (Nova York: Oxford University Press, 1954).

inerentemente à conservação da energia de um dado sistema. A energia em sua forma calor tende a se dissipar homogeneizando temperaturas. Acontece que, para realizar trabalho, no sentido físico, um sistema necessita de um diferencial de temperaturas.⁷¹

Com a física se aprende que toda transformação energética envolve produção de calor que tende a se dissipar. Considera-se calor a forma mais degradada de energia, pois, embora parte dele possa ser recuperada para algum propósito útil, não se pode aproveitá-lo totalmente por causa de sua tendência à dissipação. É isso que diz a segunda lei da termodinâmica, a lei da entropia: a degradação energética tende a atingir um máximo em sistemas isolados e não é possível reverter esse processo. Isso quer dizer que o calor tende a se distribuir de maneira uniforme por todo o sistema, e calor uniformemente distribuído não pode ser aproveitado para gerar trabalho.

Daí a forma embrionária da entropia estar na ideia de que as mudanças no caráter da energia tendem a torná-la inutilizável. A relação entre a energia desperdiçada ou “perdida” – que não pode mais ser usada para realizar trabalho – e a energia total do sistema é considerada a entropia produzida.

Para que se entenda melhor a noção de entropia, se faz necessário recordar a ciência que surgiu para estudar o calor, a termodinâmica. Quem desenvolveu os elementos fundamentais para as bases da termodinâmica foi o físico e engenheiro militar francês Nicolas L. Sadi Carnot em seu livro *Réflexions sur la Puissance Motrice du Feu et sur les Machines Propres a Développer Cette Puissance*, publicado em 1824. A máquina a vapor começava a ter grande importância na época, contudo, não havia a preocupação de recorrer a uma sistematização teórica com intuito de avançar na produção de potência motriz do calor. Carnot se dispôs a analisar a máquina a vapor e propôs uma teoria sobre o seu funcionamento, descrevendo inclusive um ciclo ideal capaz de proporcionar o máximo rendimento à máquina. Carnot concluiu que o calor flui do corpo mais quente para o mais frio e que é impossível converter completamente o calor em trabalho – uma parte é sempre perdida numa transformação energética.⁷²

As descobertas sobre a conservação da energia tornaram difícil a conciliação entre as conclusões de Carnot e a concepção de calor como forma de energia. Foi o físico alemão Rudolf Clausius quem se propôs a fazer tal conciliação, combinando a noção de desperdício necessário nas máquinas a vapor com a ideia de que a energia se manifesta de várias formas e que ela não pode ser criada nem destruída. Dividiu o calor (quantidade de energia) pela temperatura (medida da intensidade da energia), formando uma nova relação que inevitavelmente aumentava com o tempo. Era

⁷¹ O conceito de trabalho na física pode ser entendido como maneira de transferir energia em ação portanto, deve ser visto como um processo, e não como uma coisa. (Eric Schneider & Dorion Sagan, *Into the Cool: Energy Flow, Thermodynamics and Life* (Chicago: University of Chicago Press, 2005), p. 27.)

⁷² *Ibid.*, p. 39.

parecida com a energia, mas tinha uma direção. Assim, Clausius chamou tal razão de entropia, emprestando tal palavra com significado de transformação em grego.

Clausius avançou o trabalho já realizado por Carnot, formalizando as duas primeiras leis da termodinâmica e introduzindo a noção de entropia. A primeira lei diz que a “quantidade” de energia num sistema isolado é constante, enquanto a segunda lei diz que a “qualidade” da energia num sistema isolado tende a se degradar. Um sistema isolado não pode trocar matéria nem energia com o exterior. Apenas o universo como um todo atende a essa exigência. Por isso, Clausius afirmou na sua formulação das duas primeiras leis da termodinâmica que:

- 1) A energia do universo é constante.
 - 2) A entropia do universo tende a um máximo.
- <num>

A afirmação de que num sistema isolado a entropia nunca decresce envolve o tempo, pois mais precisamente isso significa que a entropia aumenta à medida que o tempo flui pela consciência do observador. Nenhuma outra lei distingue o passado do futuro. Assim, apenas a segunda lei da termodinâmica define a “flecha do tempo”, explicando a direção de todos os processos físicos ou quimicamente espontâneos. Essa lei afirma que um sistema pode estar orientado apenas numa direção do tempo, justamente porque não pode voltar da maneira como foi, se o seu caminho envolve dissipação de calor. Tal lei provocou uma revisão drástica no que concerne à energia e sua conservação, enquanto muitos físicos tentaram o máximo possível negar que algo de fundamental havia mudado.⁷³

A admissão aparentemente inócua de que “o calor sempre flui do corpo mais quente para o mais frio por si só, o que representa uma lei física, gerou um problema epistemológico que demorou a ser resolvido. O problema está no fato de que a mecânica não consegue lidar com movimento unidirecional do calor, uma vez que, para ela, todos os movimentos devem ser reversíveis. Essa peculiaridade dos fenômenos mecânicos corresponde ao fato de as equações da mecânica não variarem ao sinal da variável “t”, de tempo, ou seja, não há passado nem futuro. É possível, portanto, opor duas categorias de fenômenos: locomoção reversível e entropia irreversível. Os processos reversíveis são exceção na natureza, enquanto os processos irreversíveis constituem a regra. Ao passo que aqueles mantêm a entropia constante, estes a produzem.⁷⁴

⁷³ Nicholas Georgescu-Roegen, *The Entropy Law and the Economic Process*, cit.; Philip Mirowski, *More Heat than Light: Economics as Social Physics, Physics as Nature's Economics* (Londres: Cambridge University Press, 1989).

⁷⁴ Ilya Prigogine, *O fim das certezas: tempo, caos e as leis da natureza* (São Paulo: Editora da Unesp, 1996), p. 25.

Todavia, como a única maneira de agir sobre a matéria diretamente é puxando ou empurrando, e por isso não é difícil entender quando surgiu a termodinâmica, os físicos desdobram-se em esforços para reduzir o fenômeno do calor à locomoção. O resultado disso acabou sendo uma nova termodinâmica, conhecida como mecânica estatística.⁷⁵

Na mecânica estatística, as leis da termodinâmica foram preservadas da mesma maneira em que Clausius havia enunciado, porém mudados os significados dos conceitos básicos. O calor consiste em movimento irregular das partículas, que são tratadas como indivíduos qualitativamente iguais, pois apenas as coordenadas mecânicas (posição e *momentum*) das partículas são levadas em conta.

Ludwig Boltzmann, o principal expoente dessa nova termodinâmica, descreveu a distribuição estatística de bilhões de moléculas de gás fazendo suposições sobre a velocidade média das partículas depois das colisões e chegando a uma expressão que lembrava a função de entropia. Daí ele disse ter derivado movimentos temporalmente irreversíveis da mecânica.⁷⁶

Entre a década de 1870 e de 1890, objeções à inconsistência de se derivar consequências irreversíveis de premissas reversíveis foram levantadas. A resposta de Boltzmann foi sugerir que haveria flutuações na evolução da entropia, isto é, às vezes o tempo seguiria o sentido inverso. Boltzmann defendeu a reconciliação entre a entropia e a mecânica até pouco antes do suicídio em 1906.

Como, na época de Boltzmann, as leis da física que afirmavam a equivalência entre passado e futuro eram aceitas como a expressão de um conhecimento ideal, objetivo e completo, ele teve que abandonar a ideia de direcionalidade do tempo.⁷⁷ Com isso, acabou dizendo que o tempo é uma ilusão humana, ou seja, que a direção do tempo é puramente uma convenção que os observadores introduziram no mundo e que não havia diferença entre passado e futuro. Mas, segundo Georgescu, é impossível demonstrar isso sem admitir implicitamente que há uma direção universal na qual os processos estão ocorrendo.⁷⁸

Se o calor não fosse nada além de locomoção no nível molecular, então poderia estar sujeito às leis ortodoxas da locomoção, que são por sua vez temporal-reversíveis. Entre 1850 e 1950, a atitude de muitos físicos era aceitar que a entropia poderia ser reduzida à mecânica. Para isso, noções de probabilidade e aleatoriedade foram introduzidas na teoria física.

A maioria dos livros-texto de termodinâmica não indica que pode haver uma inconsistência entre a mecânica clássica e a termodinâmica clássica e que essa controvérsia que marcou a virada do século XIX para o XX pode ainda não estar

⁷⁵ Nicholas Georgescu-Roegen, *Analytical Economics*, cit., p. 75.

⁷⁶ Philip Mirowski, *More Heat than Light*, cit., pp. 62-65.

⁷⁷ Ilya Prigogine, *O fim das certezas*, cit.

⁷⁸ Nicholas Georgescu-Roegen, *The Entropy Law and the Economic Process*, cit., p. 167.

resolvida. O teorema H^{79} de Boltzmann era aceito como verdadeiro até os anos 1960/1970, época em que Georgescu escrevia sua principal obra *The Entropy Law and the Economic Process*. Todavia, hoje há uma aceitação⁸⁰ entre cientistas que se preocupam com a epistemologia de sua ciência de que tal teorema de Boltzmann é falso, e pelos mesmos motivos apontados por Georgescu.⁸¹ Este mostrou porque a irreversibilidade não é uma manifestação do acaso. A explicação para os processos irreversíveis não pode ser encontrada na mecânica. A lei da entropia é uma lei irreduzível da natureza, assim como a lei da inércia de Isaac Newton.

Entropia e evolução

A lei da entropia nas formulações de Clausius e Boltzmann diz respeito aos sistemas isolados que tendem à máxima entropia, ou seja, ao equilíbrio termodinâmico, quando as forças que provocam mudanças estão completamente ausentes, o que é caracterizado por uma temperatura uniforme no sistema.

A condição de que o sistema deve ser isolado é compreensível, pois, se matéria ou energia puderem entrar e sair daquele, não é possível falar de constância ou de aumento constante. Por outro lado, todos os sistemas da nossa experiência são ou fechados ou abertos, e não isolados. Os sistemas fechados podem trocar energia, mas não matéria, com o exterior. Enquanto os sistemas abertos podem trocar ambos.⁸² Qualquer sistema aberto pode diminuir sua própria entropia. Todavia, como ele é um subsistema, o decréscimo de sua entropia deve ser acompanhado por um aumento na entropia do sistema maior no qual está inserido, de tal forma que a entropia do sistema total aumente.

Aqueles que estudaram a eficiência energética na Europa do século XIX ficaram tão impressionados com a predição da segunda lei da termodinâmica de aumento da entropia em sistemas isolados que estenderam essa ideia para o universo inteiro. Mas

⁷⁹ O teorema H é a afirmação de que a mecânica newtoniana temporalmente reversível pode gerar a flecha do tempo e particularmente pode gerar a temporalmente irreversível segunda lei da termodinâmica.

⁸⁰ Os autores a seguir, o primeiro da escola de Bruxelas e o segundo da escola de astrofísica, discutem a origem da flecha do tempo, rejeitando o teorema-H de Boltzmann. (Ilya Prigogine, *O fim das certezas*, cit.; Benjamin Gal-Or, "Philosophical Problems in Thermodynamics", em Libor Kubat & Jiri Zeman (org.), *Entropy and Information in Science and Philosophy* (Amsterdã: Elsevier, 1975), pp. 211-229.)

⁸¹ Randolph Beard & Gabriel A. Lozada, *Economics, Entropy and the Environment: the Extraordinary economics of Nicholas Georgescu-Roegen* (Cheltenham: Edward Elgar, 1999); Gabriel A. Lozada, "Georgescu-Roegen's Defense of Classical Thermodynamics Revisited", em *Ecological Economics*, 14 (1), 1995, pp. 31-44; Philip Mirowski, *More Heat than Light*, cit.

⁸² A definição de sistema aberto e fechado é atribuída a Ilya Prigogine & Isabelle Stengers em nota de rodapé do artigo de Georgescu-Roegen. (Nicholas Georgescu-Roegen, "The Entropy Law and the Economic Process in Retrospect", em *Eastern Economic Journal*, 12 (1), 1986, pp. 3-25; Ilya Prigogine & Isabelle Stengers, *Order Out of Chaos: Man's New Dialogue with Nature*, Nova York: Bantam, 1984).

tais sistemas da termodinâmica clássica eram isolados artificialmente pelos cientistas. Sistemas que conseguem manter um padrão de organização, como as mais diversas formas de vida, são abertos e existem em áreas de fluxo energético.

A termodinâmica de não-equilíbrio tem seus trabalhos pioneiros em Erwin Schrödinger, Alfred J. Lotka, Lars Onsager e Ilya Prigogine. Com Boltzmann, a entropia havia sido redefinida como medida do grau de desordem de um sistema. E a lei da entropia havia adquirido o seguinte significado: na natureza há uma tendência constante da ordem se tornar desordem. Isso parece contraintuitivo ainda mais ao imaginar a Terra a quatro bilhões de anos atrás sem vida. Não teria diminuído a entropia na Terra com o surgimento e a evolução de todas as formas de vida e organização? A vida demonstra uma tendência evolucionária contrária à tendência inexorável de a energia perder sua capacidade de realizar trabalho até chegar ao equilíbrio termodinâmico.

No livro *What is Life?* de Erwin Schrödinger,⁸³ um dos temas tratados foi a capacidade da vida se manter, se expandir e reproduzir num mundo sujeito à lei da entropia. Ele queria explicar o paradoxo da vida resistir temporariamente à tendência universal de degradação entrópica das coisas. Como os organismos se perpetuam e até aumentam sua organização num universo que tende à desordem? A resposta dele foi que os organismos existem, crescem e aumentam sua organização importando energia de qualidade de fora de seus corpos – o que ele chamou de entropia negativa – e exportando entropia, ou seja, aumentando a entropia ao seu redor.

Uma importante contribuição para o estudo dos sistemas abertos e fora do equilíbrio termodinâmico foi de Ilya Prigogine.⁸⁴ Mostrou que existem sistemas que se mantêm longe do equilíbrio, pois atuam como estruturas dissipativas, ou seja, mantêm um padrão de organização graças a um fluxo entrópico. Degradam energia e exibem ciclagem de materiais. Tornam-se mais complexos à medida que exportam – dissipam – entropia para seu entorno. O entendimento dos sistemas fora de equilíbrio e das estruturas dissipativas deu origem a um programa de pesquisa sobre a termodinâmica da vida, e mais tarde sobre a complexidade. E o conceito da termodinâmica mais importante para entender tais sistemas complexos é a entropia.

As próprias plantas são estruturas dissipativas, pois são os instrumentos mais avançados para degradar radiação solar. Para converter 1% da energia que nelas incide em biomassa, as plantas dissipam a maior parte da energia no processo de transpiração, a conversão de água em vapor.⁸⁵

⁸³ Erwin Schrödinger, *What is Life? The Physical Aspect of the Living Cell* (Londres: Cambridge University Press, 1944).

⁸⁴ Ilya Prigogine, *Thermodynamics of Irreversible Processes* (Nova York: John Wiley and Sons, 1955).

⁸⁵ Eric Schneider & Dorion Sagan, *Into the Cool*, cit., p. 222.

Sistemas dissipativos não estão em equilíbrio, são abertos e dinâmicos e rodeados por gradientes. Um gradiente é uma simples diferença (seja de temperatura, pressão ou de concentração química) existente numa distância qualquer. A própria lei da entropia pode ser considerada de maneira mais ampla: como uma lei da natureza de tendência à redução de gradientes, o que significa que eles tendem a ser eliminados espontaneamente.

Os organismos vivos, sendo estruturas dissipativas, reduzem gradientes da maneira mais perfeita possível. Assim, podem desenvolver processos e estruturas que façam com que a energia e os materiais não tendam imediatamente ao equilíbrio.⁸⁶ Então, a energia solar é convertida em energia química, por meio da fotossíntese, e estocada em moléculas de açúcares. Trata-se do processo de conversão de energia mais importante na Terra, pois a energia química resultante é a base das cadeias alimentares que sustentam a maioria das outras formas de vida. Todos os outros seres vivos, que não produzem seu próprio alimento, buscam energia disponível comendo a biomassa ou outros seres animais. Processos heterótrofos (incapazes de produzir o próprio alimento) liberam a energia solar de alta qualidade, obtida dos produtos da fotossíntese, em forma de calor.

Desde Boltzmann tenta-se entender a evolução biológica com base nos princípios termodinâmicos. Ele já havia afirmado que o objeto fundamental de disputa na luta pela vida, na evolução biológica, é a energia disponível.⁸⁷ É a ideia de que na luta pela existência a vantagem vai para aqueles organismos cujos dispositivos de captura de energia sejam mais eficientes em direcionar a energia disponível em canais favoráveis à preservação da espécie.

Em poucas linhas, a teoria da evolução de Charles Darwin, de 1859, afirma que os organismos de uma mesma população (portanto de mesma espécie) não são iguais, mas apresentam variações em suas características. Algumas variantes serão mais adequadas nas condições ambientais prevalentes. Se as diferenças forem herdáveis, as variantes mais adequadas terão maior chance de transmitir suas características a seus descendentes. Assim, uma população evolui por meio da seleção natural.⁸⁸ Dois princípios de natureza distinta atuam na evolução: influências que selecionam e influências que fornecem material para seleção.

Para Alfred J. Lotka, ainda que não seja possível afirmar que a evolução tende a maximizar o fluxo de energia, o princípio da seleção natural, este sim, tende a maximizar o fluxo de energia, sujeito às restrições existentes.⁸⁹

⁸⁶ *Ibid.*, p. 220.

⁸⁷ Alfred J. Lotka, "Contribution to the Energetics of Evolution", em *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States*, 8 (6), 1922, p. 147.

⁸⁸ Kim Sterelny, *Dawkins vs. Gould: Survival of the Fittest* (Cambridge: Icon Books, 2007).

⁸⁹ Alfred J. Lotka, "Contribution to the Energetics of Evolution", em *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States*, 8 (6), 1922, p. 147

Entropia e atividade econômica

Georgescu⁹⁰ concordava com a definição de Alfred Marshall, para quem a Economia é o estudo da humanidade nos negócios ordinários da vida. Rejeitava, portanto, que o escopo da economia fosse aquele definido por Lionel Robbins: como dados meios são alocados para satisfazer dados fins. Não se conformava com o dogmatismo na posição dos que defendem que o estudo do processo econômico é esse quebra-cabeça com todos os elementos dados. É uma visão muito restritiva do processo econômico, que ignora questões de como são criados novos meios, novos fins e novas relações econômicas.

No nível mais primário, a atividade econômica resulta de uma luta pela sobrevivência da espécie humana. A sobrevivência requer a satisfação de necessidades básicas, que são sujeitas a mudanças. De todas as necessidades da vida, apenas as puramente biológicas são absolutamente indispensáveis para a sobrevivência. Toda a nossa vida econômica se nutre de energia e matéria. Mas não é qualquer energia e matéria que pode ser utilizada, não podendo ser dissipada.

O que caracteriza os recursos naturais transformados pelo processo econômico é a baixa entropia. Essa descoberta é consequência da termodinâmica ter se desenvolvido a partir de um problema econômico: a eficiência das máquinas térmicas. A energia dissipada em forma de calor pela máquina não pode ser utilizada novamente. Por isso, o surgimento da termodinâmica constituiu uma verdadeira física do valor econômico, uma vez que distingue a energia útil da energia inútil para propósitos humanos. Pode-se dizer, portanto, que baixa entropia é uma condição necessária, mesmo que não suficiente, para que algo seja útil para a humanidade. Mas qual a relação entre os recursos terrestres de baixa entropia e o valor econômico? A escassez, que se manifesta das seguintes maneiras:

- a) os recursos minerais terrestres decrescem contínua e inevitavelmente no que diz respeito a sua acessibilidade à humanidade;
- b) uma mesma quantidade de recursos de baixa entropia não pode ser usada mais que uma vez pela humanidade.⁹¹

A lei da entropia assegura que não se pode usar a mesma energia indefinidamente, queimando o mesmo carvão *ad infinitum*. Se isso fosse possível, não haveria escassez de fato nem haveria resíduos do processo produtivo, uma vez que se poderia reciclar 100%. Um país pobre em recursos naturais como o Japão não

⁹⁰ Nicholas Georgescu-Roegen, *Analytical Economics*, cit.

⁹¹ *Ibidem*.

precisaria importar matérias-primas, e muitas populações não teriam sido forçadas a migrar por causa da exaustão do solo.

A literatura econômica ainda mostra a crença de que o processo econômico pode continuar e até crescer sem precisar de recursos de baixa entropia.⁹² A epistemologia mecânica é a principal responsável por tais abstrações que, contudo, não estão de acordo com o comportamento observado da natureza. As conceituações são necessárias, mas trata-se de uma conceituação equivocada por não ser coerente com a realidade física, como se o sistema econômico existisse separado dela.

Do ponto de vista estrito da física, o processo econômico é entrópico: não cria nem consome matéria e energia, apenas transforma baixa em alta entropia. Mas, se os processos físicos do ambiente natural também são entrópicos, o que distingue o processo econômico?

Como consequência inevitável da transformação dos recursos do ambiente, o processo econômico produz resíduos que não podem ser reaproveitados. Contudo, o aumento da quantidade de energia e de materiais dissipados não é o objetivo de tal processo. A diferença é que seu propósito não é um fluxo físico de resíduos, mas, sim, o aproveitamento da vida, ou um fluxo imaterial de bem-estar. Sem reconhecer o aspecto de intencionalidade da atividade humana não se está no mundo econômico.

Nos processos biológicos, observamos as capacidades de manutenção, expansão e reprodução. O que distingue, então, a atividade econômica dos processos biológicos é a localização dos dispositivos de captura de energia. Na maioria das espécies, esses dispositivos fazem parte da constituição biológica dos organismos e por isso mesmo são denominados instrumentos endossomáticos. As conversões energéticas acontecem dentro do corpo biológico.

O homem usa em suas atividades aparatos que não fazem parte da sua constituição biológica – ele transfere parte substancial de seu metabolismo para fora das fronteiras de seu corpo. Os economistas chamam esses aparatos de bens de produção ou de capital, mas o termo instrumentos exossomáticos enfatiza que o processo econômico, entendido de maneira ampla, é uma continuação do processo biológico.⁹³ Tais instrumentos possibilitam ao homem obter a mesma quantidade de baixa entropia, porém com um gasto menor da própria, do que a que obteria se utilizasse apenas os instrumentos endossomáticos. Finalmente, não se trata tão só da utilização de

⁹² Um exemplo desta visão mecanicista é o livro de Charles Jones que sequer menciona o ambiente, seja como provedor de recursos naturais (ignorados por Jones), seja como assimilador de resíduos do processo produtivo. Para se ter uma idéia, a palavra energia não aparece no livro. [Charles Jones, *Introdução à teoria do crescimento econômico* (São Paulo: Campus, 2000).]

⁹³ Essa idéia pode ser atribuída a Alfred J. Lotka, mas foi desenvolvida por Nicholas Georgescu-Roegen. (Alfred J. Lotka, *Elements of Mathematical Biology* Nova York: Dover, 1956; Nicholas Georgescu-Roegen, *Analytical Economics*, cit.; Nicholas Georgescu-Roegen, *The Entropy Law and the Economic Process*, cit.)

instrumentos exossomáticos, mas, sim, de sua produção. Assim, instrumentos são utilizados para que se façam mais instrumentos.

Por isso, o processo econômico tem a ver com a evolução exossomática da humanidade. Em outras palavras, trata-se das mudanças no modo de produção de instrumentos por meio de instrumentos. Como tal evolução cria novos e diferentes meios, fins e relações econômicas, seu estudo não pode ser feito com base em estruturas analíticas mecânicas. E foi esse processo amplo de reprodução material das sociedades que passou a interessar Georgescu.

Processo produtivo

A abordagem econômica convencional perde totalmente de vista o caráter de transformação física que decorre da criação da riqueza. Ao importar matéria do ambiente e organizá-la de modo que possa ser utilizada, a produção é uma oposição local e temporária à lei da entropia.

Com Philip H. Wicksteed, a economia passaria a tratar matematicamente o problema da produção, o produto como uma função da quantidade de fatores de produção $P = f(a,b,c\dots)$. Contudo, não fez nenhuma menção sobre que tipo de “função”, tampouco sobre a natureza distinta desses “fatores”.⁹⁴ Com poucas modificações, é com essa visão do processo produtivo que um aluno de economia se depara hoje quando abre seu livro-texto:

Suponha que Y denote a quantidade de produtos, L , a quantidade de trabalho, K , a quantidade de capital humano, e N , a quantidade de recursos naturais. Então podemos escrever $Y = A.F(L, K, H, N)$ onde $F()$ é uma função que mostra como os insumos são combinados para gerar o produto. “ A ” é uma variável que representa a tecnologia produtiva disponível. À medida que a tecnologia se aperfeiçoa, “ A ” aumenta, de modo que a economia produz mais a partir de qualquer combinação dada de insumos.⁹⁵

Em 1965, um ano antes da publicação de *Analytical Economics*, Georgescu apresentou o artigo “Process in Farming versus Process in Manufacturing: a Problem of Balanced Development” na Conferência da Associação Internacional de Economia. O objetivo desse trabalho foi representar adequadamente o processo produtivo. Mostrou que existem diferenças fundamentais entre os processos produtivos na agricultura e na indústria. Continuou aprimorando sua nova representação que rendeu

⁹⁴ Georgescu-Roegen, Nicholas. "The Economics of Production." *American Economic Review* 40 (May 1970), p.1

⁹⁵ Gregory N. Mankiw, *Introdução à economia: princípios de micro e macroeconomia* (2º ed. São Paulo: Elsevier, 2001), p. 538.

o artigo “The Economics of Production” de 1970 e o bem mais detalhado capítulo IX do livro *The Entropy Law and the Economic Process* de 1971.

Uma das novidades de sua abordagem é a inclusão do fator tempo na representação do processo produtivo. Não era mais possível que as representações continuassem a ignorar os diferentes intervalos de tempo nos quais participam os fatores de produção. A função de produção convencional que relaciona quantidades de fatores [$P = f(K; H; L)$] seria substituída por uma funcional [$P(t) = f\{R(t), I(t), M(t), W(t), K(t), H(t), L(t)\}$], analiticamente muito mais rigorosa. Para Georgescu, o produto é uma função de uma série de outras funções relacionadas ao intervalo de tempo nos quais participam os fatores de produção. Contudo, sua reformulação é muito mais difícil de ser usada em aplicações econométricas e para se chegar aos resultados da teoria neoclássica.⁹⁶ E foi a partir daí que ele passou a apontar a falácia de se representar o sistema econômico como um fluxo circular fechado, afinal trata-se de um processo unidirecional.

A ideia de que o processo econômico não é uma analogia mecânica, mas sim uma transformação entrópica e unidirecional, começou a modificar meu pensamento há muito tempo [...] Contudo, foi a nova representação de um processo que me possibilitou cristalizar meus pensamentos, descrevendo pela primeira vez o processo econômico como a transformação entrópica de recursos naturais valiosos (baixa entropia) em resíduos sem valor algum (alta entropia).⁹⁷

Sua principal contribuição para a teoria da produção consiste na análise crítica do significado da função de produção e na elaboração do modelo fundo-fluxo.⁹⁸ Georgescu lamentou que a formalização matemática da produção tenha chegado a ponto de desrespeitar um pré-requisito básico da ciência: ter uma ideia clara sobre a correspondência dos símbolos na realidade.

Um dos problemas da função de produção é que ela não mostra as transformações qualitativas que ocorrem como consequência das mudanças quantitativas nos insumos e produtos. A função de produção trata o K como uma medida de capital homogêneo. Contudo, um processo mais intensivo em capital significa quase sempre uma mudança na qualidade desse capital. Não faz sentido pensar que uma operação de escavação mais intensiva em capital signifique multiplicar o número de pás diminuindo a participação do trabalho. Haverá, sim, uma mudança na qualidade do capital com o

⁹⁶ Charles C. Mueller, “Os economistas e a sustentabilidade: uma avaliação do debate sob a ótica do processo produtivo de Georgescu-Roegen”, em seminário realizado na FEA-USP, 2 e 3-9-2004; Charles C. Mueller, *Os economistas e as relações entre o sistema econômico e o meio ambiente* (Brasília: Editora da UnB/Finatec, 2007).

⁹⁷ Nicholas Georgescu-Roegen, “Foreword”, tradução livre, cit., p. xiv.

⁹⁸ Mario Morroni, “Production and Time: a Flow-Fund Analysis”, em Kozo Mayumi & John M. Gowdy, *Bioeconomics and Sustainability: Essays in Honor of Nicholas Georgescu-Roegen* (Cheltenham: Edward Elgar, 1999).

uso de instrumentos mais sofisticados. Não há sentido, portanto, em falar de “elasticidade–substituição” (esse conceito será abordado em “Pessimismo da razão”, seção “Escassez e crescimento”) entre capital e trabalho, nem de produtividade dos fatores de produção se os bens de capital não forem qualitativamente idênticos.⁹⁹

A função de produção indica a quantidade máxima de produto que pode ser obtida a partir de uma dada quantidade de insumos. Mostra o que um processo produtivo pode fazer, mas não o que de fato ele faz nas diferentes situações. Não considera o perfil temporal da utilização dos insumos, pois assume a organização mais eficiente possível. E é exatamente por não fazer referência aos aspectos organizacionais, em especial, ao perfil temporal da utilização dos insumos, que a teoria convencional da produção acaba ignorando diferenças importantes, como a existente entre processos produtivos na indústria e na agricultura.¹⁰⁰

Na manufatura, um processo pode, a princípio, seguir de maneira ininterrupta, contanto que haja suprimento necessário de insumos. É por causa do sistema fabril que o homem conseguiu diminuir radicalmente o tempo necessário para fazer sapatos e roupas, mas em quase nada o tempo necessário para que o milho cresça ou para criar um animal doméstico. Apenas no sistema fabril é possível eliminar completamente os períodos de ociosidade dos fatores trabalho e capital. Já a produção agropecuária obedece ao ritmo sazonal em que a energia solar determina as condições climáticas em cada canto do planeta. Por isso, provavelmente continuará convivendo com a ociosidade dos fatores e permanecerá uma sequência descontínua de atividade anuais.¹⁰¹

Além de ter chamado a atenção para a relação entre a eficiência e a organização do processo produtivo, existe uma diferença qualitativa básica entre os chamados fatores de produção, que foi ignorada pela abordagem neoclássica até a formulação de Georgescu. Para começar, isso que se denomina produção deveria ser denominado transformação, para deixar claro o que acontece com os elementos da natureza no processo econômico.

É preciso diferenciar o que entra e sai relativamente inalterado do processo produtivo daquilo que se transforma dentro dele. É possível considerar que, num intervalo de tempo curto, o capital, a terra e a força de trabalho, chamados fundos, não se alteram. Os fundos são os fatores de produção tradicionalmente considerados pelos economistas. A terra é um fundo, ou agente do processo produtivo, pois captura fluxos de chuva e radiação solar. Já os denominados fluxos – a energia e os materiais

⁹⁹ Nicholas Georgescu-Roegen, *The Entropy Law and the Economic Process*, cit., p. 244.

¹⁰⁰ *Ibidem*; Mario Morroni, “Production and Time”, cit.

¹⁰¹ Nicholas Georgescu-Roegen. “Process in Farming versus Process in Manufacturing: A Problem of Balanced Development.” In *Economic Problems of Agriculture in Industrial Societies*, edited by Ugo Papi and Charles Nunn. London: Macmillan; New York: St. Martin's Press, 1969, pp. 497-528.

advindos diretamente da natureza ou de outro processo produtivo – se transformam em produtos finais, em resíduos e em poluição.

Assim, há fluxos de entrada (materiais e energia) e de saída (produtos e resíduos) no processo produtivo. Os fluxos de entrada podem vir da natureza (energia solar, chuva, petróleo, minérios, nutrientes nos solos agrícolas, minerais etc.) ou de outros processos produtivos (desde aço, tábuas de madeira e borracha até o circuito integrado). Também devem ser considerados os fluxos de manutenção (peças de reposição e lubrificantes).

Além do fluxo de produtos, emana de qualquer processo produtivo um fluxo de resíduos. Os fluxos são as substâncias materiais e a energia que cruzam a fronteira do processo produtivo, e não devem ser confundidos com os serviços prestados pelos fundos. Apenas os elementos que fluem no processo podem ser fisicamente incorporados ao fluxo de produtos finais.

Por que diferenciar fluxo de fundo, e não de estoque? Fundos são diferentes de estoques. Apesar de uma máquina, por exemplo, ser um estoque material, não tem o mesmo sentido que um estoque de carvão. É um estoque de serviços, mas é mais seguro chamá-la de fundo de serviços. O uso de um fundo requer duração. Para exemplificar, uma caixa com 20 balas pode satisfazer 20 crianças agora ou amanhã, ou algumas hoje, outras amanhã. No entanto, uma lâmpada que dure 500h não pode ser usada para iluminar 500 quartos agora. Nesse caso, a caixa com balas é um estoque e a lâmpada é um fundo.¹⁰²

Para fins analíticos, Georgescu supõe que os fundos, ou seja, a estrutura do processo, se mantêm intactos, ou seja, que o processo de produção ocorre num estado estacionário, ou seja, com os fundos constantes. Essa suposição permite distinguir os fundos dos fluxos, uma vez que os fundos não se alteram num intervalo de tempo curto, ao contrário dos fluxos que são transformados no processo. O termo reprodução simples de Karl Marx exprime bem a ideia de uma tecnologia que se mantém constante.

Contudo, para Georgescu,¹⁰³ apesar de ser uma simplificação bastante útil, a ideia de que tanto o equipamento de capital quanto a força de trabalho são mantidos constantes ao longo do tempo não deixa de ser uma ficção, pois o processo econômico muda contínua, quantitativa e qualitativamente o equipamento de capital. Além disso, a crítica que faz aos esquemas de reprodução econômica, tais como o de Marx, é que mesmo uma reprodução simples precisa dos fluxos de entrada da natureza para se manter, se não seria um moto-perpétuo.

Ainda assim, o problema mais grave no tratamento da produção está em sua associação com um dilema de escolhas. A definição do escopo da economia como o

¹⁰² Nicholas Georgescu-Roegen, *The Entropy Law and the Economic Process*, cit., p. 226.

¹⁰³ *Ibid.*, p. 228.

estudo da alocação de meios escassos entre fins alternativos (abordado em “Pensamento econômico”, seção “Um pouco de história”) tem consequências sérias para o tratamento da produção. Com os neoclássicos o problema da produção passou a ser estritamente um problema da alocação ótima de fatores de produção.¹⁰⁴

Essa abordagem trata todos os fatores como se fossem de natureza semelhante, supondo que a substituição entre eles não tenha limites e que o fluxo de recursos naturais possa ser fácil e indefinidamente substituído por capital. Entretanto, o papel desempenhado pelas duas categorias de fatores, fundos e fluxos, é radicalmente diferente em qualquer processo de transformação. É possível que determinado fator seja redundante em relação à determinada atividade pela falta de um fator complementar. Nesse caso, “um aumento na quantidade disponível de determinado fator, na ausência de outros, não representa necessariamente um acréscimo no nível de atividade que estaria sendo considerada”.¹⁰⁵

Para o economista, a tecnologia costuma ser uma variável externa que permite a substituição de fatores de produção. Considera-se que há substituição quando um fator se torna relativamente mais escasso do que os outros e, portanto, mais caro. Geralmente é o capital que substitui os outros fatores, pois o conhecimento tecnológico é incorporado a ele. Isso possibilita melhorias em seu desempenho, permitindo utilizar menos fatores como trabalho e recursos naturais.

Todavia, não é captado nas funções de produção de um processo mais intensivo em capital, por exemplo, que ele requeira um tipo qualitativamente diferente de capital e que ele próprio tenha origem física nos recursos naturais. No caso do capital e dos recursos naturais, a relação no processo produtivo é muito mais de complementaridade. Um conhecimento tecnológico incorporado em equipamentos de capital significa um outro capital e algumas vezes utilizando outros recursos naturais.

É questionável acreditar que o potencial do fator capital de sustentar o produto a curto prazo, com uma utilização menor de recursos naturais, seja um exemplo de substituição. Uma máquina mais eficiente na transformação de recursos naturais em bens e serviços está de fato diminuindo o desperdício; no entanto, redução na geração de resíduos não é o mesmo que substituição.¹⁰⁶ A própria máquina mais eficiente, sendo adicional, exigiu a utilização de recursos materiais e energéticos em sua produção. As duas maiores distorções da abordagem convencional são ignorar o fluxo inevitável de resíduos e apostar na substituição sem limites dos fatores.

¹⁰⁴ Geoffrey M. Hodgson & Ernesto Screpanti, *Rethinking Economics: Markets, Technology and Economic Evolution* (Cheltenham: Edward Elgar, 1991).

¹⁰⁵ Juan Hersztajn Moldau, “Os fundamentos microeconômicos dos indicadores de desenvolvimento socioeconômico”, em *Revista de Economia Política*, 18 (3), 1998, p. 75.

¹⁰⁶ Philip A. Lawn, “On Georgescu-Roegen’s Contribution to Ecological Economics”, em *Ecological Economics*, 29 (1), 1999, pp. 5-8.

Extrapolando essa análise de um processo produtivo para todo o processo econômico, Georgescu¹⁰⁷ chegou à conclusão de que o que entra no processo econômico são recursos da natureza e que há uma saída inevitável de lixo. Mostrou, através de profunda reflexão sobre o processo de produção, que o lado material do processo econômico é aberto e unidirecional, e não fechado e circular.

Para Georgescu, algo que seja indispensável para a produção e que, portanto, tenha valor econômico pode não ser uma mercadoria. Todavia, uma importante limitação da economia está no fato de que suas fronteiras analíticas são desenhadas onde a circulação de mercadorias pode ser observada.

Bioeconomia

Em 1976, Georgescu publicou a coletânea *Energy and Economic Myths*. Em artigo de mesmo título, critica tanto economistas que ignoram leis da física quanto ambientalistas bem-intencionados.

Nesse artigo, Georgescu¹⁰⁸ afirma que os mitos sempre tiveram um papel importante na vida do homem, o qual tem uma compulsão a acreditar que está acima de tudo o mais no universo e que seus poderes não conhecem limites. No Gênesis, o homem proclamou ter sido criado à imagem de Deus. Em outra época, disse que todo o universo gira em torno da Terra, e depois que apenas o Sol gira em torno da Terra. E o mito de que podemos usar a mesma energia muitas e muitas vezes continua presente, ainda que de forma velada. Este último mito vai contra a lei da entropia, a qual diz apenas que a entropia, o índice de energia dissipada e indisponível em relação à energia total, de um sistema isolado é não declinante.

Não é nada trivial explicar o fenômeno da vida pelas leis da física. Mas certamente a vida não as pode violar. De acordo com Schrödinger,¹⁰⁹ a vida parece evitar a degradação entrópica à qual a matéria inerte está sujeita. Para ele, o organismo vivo se esforça para compensar sua própria degradação entrópica, utilizando recursos de baixa entropia do ambiente e dissipando a energia em forma de calor de volta para o ambiente. Contudo que a entropia do ambiente aumente mais que a compensação do organismo, o fenômeno não vai contra a lei da entropia.

A vida tem uma importância no processo entrópico. Conforme Eric Schneider e Dorion Sagan,¹¹⁰ a vida é uma manifestação da segunda lei da termodinâmica. As mais diversas formas de vida são estruturas dissipativas que existem para degradar

¹⁰⁷ Nicholas Georgescu-Roegen, *The Entropy Law and the Economic Process*, cit.

¹⁰⁸ Nicholas Georgescu-Roegen, "Energy and Economic Myths", em Nicholas Georgescu-Roegen, *Energy and Economic Myths*, cit., pp. 3-36.

¹⁰⁹ Erwin Schrödinger, *What is Life? The Physical Aspect of the Living Cell* (Cambridge: Cambridge University Press, 1944).

¹¹⁰ Eric Schneider & Dorion Sagan, *Into the Cool*, cit.

gradientes. E é assim que a vida mantém sua organização, diminuindo gradientes, que inclui dissipação de energia em forma de calor.

Georgescu¹¹¹ considerou que os organismos, para manterem sua própria organização, aceleram a marcha da entropia. Não está, portanto, em desacordo com o entendimento recente¹¹² da relação entre vida e entropia. Para Georgescu, o homem, com seus instrumentos exossomáticos, ocupa a mais alta posição na escala dos organismos que aumentam a entropia, e esse seria o cerne das questões ambientais, que tem dois aspectos ligados um ao outro: o esgotamento dos recursos terrestres e os resíduos inevitáveis do processo produtivo.

A humanidade tem duas fontes básicas para sua reprodução material: os estoques terrestres de minerais e energia concentrados e o fluxo solar. Os estoques terrestres são limitados e sua taxa de utilização pela humanidade é facultativa. A fonte solar, por outro lado, é praticamente ilimitada em quantidade total, mas altamente limitada em relação à taxa que chega à Terra. Há ainda outra diferença: os estoques terrestres abastecem a base material para as manufaturas, enquanto o fluxo solar é responsável pela manutenção da vida. É possível determinar o ritmo de consumo de minérios e combustíveis fósseis, mas sempre tendo em vista que são recursos finitos. Dessa forma, a taxa de utilização determinará em quanto tempo esses insumos estarão inacessíveis.

Para Georgescu,¹¹³ resta saber se a humanidade quer continuar usando rapidamente os estoques de recursos terrestres, comprometendo assim a possibilidade de reprodução material das gerações futuras, ou se, ao contrário, admite evitar qualquer uso desnecessário de recursos a fim de prolongar sua existência.

No entanto, segundo Georgescu¹¹⁴ a tendência de extração de recursos será decrescente, por mais remoto que seja o início dessa tendência. Isso fará com que a escala da economia seja reduzida, ou seja, trata-se do encolhimento do tamanho da população e do fundo de capital. Quanto mais cedo tal processo de encolhimento da economia começasse, maior seria a sobrevivência da atividade econômica da espécie humana. A ideia é que não bastará parar de crescer, ou mesmo estabilizar o fluxo de recursos naturais que entra na economia. A rigor, algumas economias do mundo já deveriam estar pensando na redução desses fluxos.

O segundo aspecto da reprodução material da humanidade, o resíduo, é um fenômeno físico em geral prejudicial a uma ou outra forma de vida, e direta ou indiretamente à

¹¹¹ Nicholas Georgescu-Roegen, "Energy and Economic Myths", cit., pp. 3-36.

¹¹² Eric Schneider & James J. Kay, "Life as a Manifestation of the Second Law of Thermodynamics", em *Mathematical and Computer Modelling*, 19 (6-8), 1994, pp. 25-48; Eric Schneider & Dorion Sagan, *Into the Cool*, cit.

¹¹³ Nicholas Georgescu-Roegen, "Energy and Economic Myths", cit.; Nicholas Georgescu-Roegen, "The Steady State and Ecological Salvation: a Thermodynamic Analysis", em *BioScience*, 27(4), 1977, pp. 266-270.

¹¹⁴ Nicholas Georgescu-Roegen, "Energy and Economic Myths", cit.

vida humana. Deteriora o ambiente de várias maneiras: quimicamente, como no caso do mercúrio ou da chuva ácida, nuclearmente, como o lixo radioativo, ou fisicamente, como a acumulação de CO₂ na atmosfera. O problema da acumulação de resíduo é a falta de espaço acessível. Uma boa analogia da humanidade é uma família que consome a oferta limitada de um depósito e joga os resíduos inevitáveis numa lata de lixo finita, o ambiente.

Georgescu deu muita atenção aos efeitos da depleção dos inputs, ou seja, dos recursos naturais utilizados no processo produtivo, e menos aos efeitos dos outputs, como lixo, poluição, resíduos tóxicos, gases de efeito estufa, etc., gerados pelo mesmo processo. E hoje talvez a maior preocupação seja com os *outputs*. Todavia, reconheceu que a poluição e os resíduos se tornariam um problema anterior ao esgotamento dos recursos naturais devido a sua acumulação e por serem fenômenos visíveis e de superfície.¹¹⁵ Nesse contexto, o aquecimento causado por atividades humanas tem provado ser um obstáculo maior ao crescimento econômico sem limites do que a finitude de recursos acessíveis, como sugeriu Georgescu.¹¹⁶

Tratar da sobrevivência da humanidade na Terra requer atenção ao apego do homem aos seus instrumentos exossomáticos – peculiaridade que o distingue de outros animais. Por isso, o problema não é somente biológico, nem somente econômico, nem apenas social ou ambiental. Ao considerar que a lei da entropia é algo muito específico e pouco significativo, a economia e as ciências humanas ignoram o caráter metabólico do processo socioeconômico. O problema ecológico surge como uma falha no metabolismo. A transferência de parte substancial da conversão energética da humanidade para fora dos corpos humanos aprofundou-se de maneira inaudita com a combustão dos recursos fósseis e, com isso, aumentou exponencialmente o fluxo de outputs indesejados¹¹⁷.

Um dos maiores sucessos adaptativos do homem foi a habilidade de extrair a baixíssima entropia contida nos combustíveis fósseis. Mas, por outro lado, o aproveitamento dessa energia se revelou a principal causa do aquecimento global, fenômeno que, paradoxalmente, dificultará a adaptação, tendendo a acelerar o processo de extinção da própria espécie.

Ora, a utilização dos recursos energéticos e materiais terrestres no processo produtivo e a acumulação dos efeitos prejudiciais da poluição no ambiente revelam que a atividade econômica de uma geração tem influência na atividade das gerações futuras. Assim, está em jogo a possibilidade de que estas tenham qualidade de vida igual ou maior que a da atual geração. E este é o cerne do problema ecológico.

¹¹⁵ “O acúmulo de poluição pode, sob certas circunstâncias, produzir a primeira crise ecológica séria.” Nicholas Georgescu-Roegen, “Energy and Economic Myths”, cit., p. 15, tradução livre.

¹¹⁶ “Como a lei da entropia não permite resfriar um planeta continuamente aquecido, a poluição térmica poderia surgir como um obstáculo mais importante para o crescimento do que para o finitude dos recursos acessíveis.” *Ibid.*, p. 14, tradução livre.

¹¹⁷ Nicholas Georgescu-Roegen, “Energy and Economic Myths”, cit.

Para Georgescu,¹¹⁸ a economia não poderia lidar adequadamente com esse problema, por isso um dia deverá ser englobada pela mais ampla ecologia. Todavia isso só ocorrerá quando a humanidade tiver que se preocupar com a distribuição intertemporal dos recursos e serviços naturais, e não apenas com a alocação de bens relativamente escassos numa única geração.

A defesa da tese de que a economia será absorvida pela ecologia custou a condenação acadêmica de Georgescu. Seu banimento foi explicitamente assumido, em 1976, na décima edição do livro *Economics* de Samuelson.¹¹⁹ Em poucas linhas, professores e estudantes de economia foram advertidos de que ele não poderia mais ser aceito porque se embrenhara pela obscura ecologia, uma disciplina que os economistas ainda hoje acham tão estranha e suspeita quanto à quiromancia. Foi assim a excomunhão do autor de *Analytical Economics*, obra que dez anos antes havia sido elogiada em seu prefácio pelo próprio Samuelson.

Cinquenta anos depois do artigo clássico “The Pure Theory of Consumer’s Behaviour” e vinte anos depois do elogiado livro *Analytical Economics*, a publicação do artigo “The Entropy Law and the Economic Process in Retrospect”, no periódico *Eastern Economic Journal*, em 1986, dá uma ideia do anátema que Georgescu se tornou para a economia convencional. Seria de esperar que o artigo fosse aceito para publicação em algum periódico de primeira linha de economia, contudo, só conseguiu aceitação nesse, que é pouco conhecido e do interior dos Estados Unidos.

Infelizmente, Georgescu não criou nenhuma escola de pensamento com seu nome. Uma das razões para isso pode ter sido sua personalidade irascível e sua falta de habilidade política. Segundo dois ex-alunos brasileiros, Ibrahim Eris e Charles C. Mueller,¹²⁰ ele era extremamente rígido e tinha a imagem do professor como uma figura intocável. Para se ter uma ideia, Eris foi o único aluno que concluiu uma tese com Georgescu. Este não fazia nenhuma concessão na busca de popularidade e reconhecimento. Tanto é que largou a American Economic Association como protesto contra uma publicação que examinava o conteúdo econômico do comportamento de ratos.

Georgescu era um pensador do tipo renascentista, pois queria entender profundamente todas as ciências num século XX de alta especialização. E mesmo no que diz respeito ao seu conhecimento econômico, ele não teve uma formação convencional. De acordo com Eris,¹²¹ por essas razões ficou sem ter com quem dialogar, fato agravado pelo seu isolamento geográfico. Por ter escolhido ir para Nashville, e não ter ficado em Harvard, acabou ficando de fora da elite intelectual.

¹¹⁸ Nicholas Georgescu-Roegen, “Energy and Economic Myths”, cit.

¹¹⁹ Paul Anthony Samuelson, *Economics* (10^o ed. Nova York: McGraw-Hill), 1976.

¹²⁰ Veja relatos no Anexo I.

¹²¹ Veja relato no Anexo I.

Se as ideias que relacionam o processo econômico com a entropia fossem introduzidas num livro-texto de economia, o que seria modificado nele? Segundo Herman E. Daly,¹²² a primeira modificação seria o diagrama do fluxo circular, que constitui importante visão pré-analítica dos economistas. O diagrama mostraria o fluxo entrópico unidirecional que liga o ambiente à economia e de volta ao ambiente. Nenhuma economia pode sequer existir sem esse fluxo entrópico. Mas a coisa não pararia por aí, pois o conceito de fluxo entrópico é como um cavalo de Troia,¹²³ com um exército de implicações escondidas que forçariam alterações em todos os capítulos do livro-texto.

As implicações epistemológicas seriam sérias, pois a economia neoclássica foi construída com base no paradigma mecânico. Os modelos mecânicos não conseguem lidar com o fato mais elementar da vida econômica, que é o fluxo entrópico necessário para manutenção do processo econômico, ou seja, a utilização de recursos naturais de qualidade e o despejo de resíduos no ambiente. Há uma mudança qualitativa de matéria e energia pelo processo econômico. Todavia, o formalismo matemático da economia não consegue captar mudanças qualitativas importantes.

É claro que os capítulos especiais sobre recursos naturais e o ambiente não existiriam mais. Ambos seriam integrados no centro do estudo econômico. O capítulo sobre crescimento econômico teria que ser corrigido, pois um fluxo circular de valor monetário só pode crescer indefinidamente devido à falta da dimensão física. Mas o crescimento do fluxo entrópico encontra barreiras como a poluição, o esgotamento de recursos e a desestabilização ecológica.

O capítulo sobre a produção certamente corrigiria a visão convencional que se tem do processo produtivo e que está na raiz de muitas concepções equivocadas sobre a sustentabilidade. As funções de produção que concebem o capital como um substituto quase perfeito para os recursos levam a crer que se poderia construir uma mesma casa com o dobro de serras, mas com a metade da madeira, sem levar em conta que mais serras requerem mais madeira para sua produção. O novo capítulo adotaria o modelo fundo-fluxo de Georgescu. Capital e trabalho são agentes que transformam um fluxo de recursos naturais em um fluxo de produtos. A relação de substituição é

¹²² Herman E. Daly, *Beyond Growth: the Economics of Sustainable Development* (San Francisco: Freeman, 1997).

¹²³ De acordo com a lenda associada à conquista da Grécia por Troia, um grande cavalo de madeira e oco que abrigava alguns soldados gregos dentro da sua barriga e que teria sido deixado junto às muralhas de Troia pelo exército grego como estratégia para tomar a cidade. Os troianos, acreditando que fosse um presente como sinal de rendição do exército inimigo, permitiram a entrada do cavalo na cidade durante a noite e foi então que o exército grego pode tomar Troia.

marginal e serve apenas para diminuir os resíduos do processo. A relação dominante entre fundos e fluxos é de complementaridade.

O capítulo sobre população traria uma discussão sobre a ideia de população ótima. A pergunta fundamental envolve três aspectos: Quantas pessoas? Por quanto tempo? E a que nível de utilização e recursos *per capita*? A questão relevante seria como maximizar o conjunto pessoas-anos a serem vividos num padrão de utilização de recursos per capita suficiente para se ter uma boa vida. Aí o conceito de suficiência teria tanta importância quanto o de eficiência.¹²⁴

Todas essas alterações evidenciam que a noção de entropia certamente é incompatível com a estrutura teórica da economia neoclássica. Fica difícil imaginar as suposições da corrente principal, baseadas na noção de equilíbrio, convivendo lado a lado com as noções mais realistas, fundamentadas na termodinâmica de não-equilíbrio. Mais complicada ainda fica a situação da representação do processo produtivo como uma simples questão de alocação de fatores, todos com a mesma natureza.

Também haveria incompatibilidade entre um livro que dá muito mais peso às formalizações matemáticas do que ao estudo da história e a ideia de que importantes fenômenos econômicos não são captados por números. As mudanças qualitativas que ocorrem ao longo da história, por exemplo, as inovações radicais que mudam todas as outras facetas do processo econômico não podem ser entendidas de maneira puramente analítica. Isso quer dizer que o uso da palavra e o estudo da história, corroborando a afirmação de Georgescu e Schumpeter, mencionados na seção A formação de Georgescu, são muito mais importantes do que se imagina no estudo da economia, a não ser que a única preocupação da disciplina seja a de fazer previsões de curto prazo.

Todavia a incompatibilidade maior é a da concepção do processo produtivo como algo unidirecional. E não é apenas em relação à economia neoclássica. Desde que a economia passou a ser considerada uma ciência autônoma, ela está interessada na mercadoria. As fronteiras do processo que lhe interessa são desenhadas onde a circulação de mercadorias pode ser observada, isto é, onde elas passam de uma unidade de produção para outra, ou de uma unidade de produção para uma unidade de consumo. Por isso, a economia, segundo Georgescu,¹²⁵ não pode abandonar o fetichismo da mercadoria, assim como a física não pode renunciar ao fetichismo das partículas elementares, e a química, das moléculas.

¹²⁴ *Ibidem.*

¹²⁵ Nicholas Georgescu-Roegen, *The Entropy Law and the Economic Process*, cit., p. 218.

3 – Pessimismo da razão

A economia neoclássica analisava o crescimento econômico em capital, mão de obra e progresso técnico. Mas hoje creio que seria mais esclarecedor conceber os principais propulsores da economia como energia e ideias.

(Martin Wolf, “Uso da energia requer controle”)

Escassez e crescimento

Durante as décadas de 1970 e 1980, Nicholas Georgescu-Roegen participou do debate sobre a questão energética. Tal debate fazia parte do “dilema escassez de recursos naturais *versus* crescimento econômico”. O lançamento do relatório *The Limits to Growth* em 1972,¹²⁶ a emergência de grupos ambientalistas e a crise do petróleo de 1973 chamaram a atenção para o problema da adequação da oferta de recursos naturais para sustentar os padrões de consumo e produção. Tal debate sobre a adequação dos recursos naturais gerou um amplo espectro de opiniões. Os economistas, em geral otimistas, se recusavam a ver a íntima relação entre escassez de recursos e o processo econômico como um todo. Além disso, os recursos naturais eram tratados apenas como insumos materiais para a produção e o consumo. Evidentemente, tal concepção leva a se considerar os efeitos colaterais das atividades de transformação (produção inevitável de resíduos) como fenômenos distintos da exaustão dos recursos.¹²⁷

Contudo, as principais ideias de Georgescu sobre o assunto já tinham sido formuladas antes do choque do petróleo e do relatório *The Limits to Growth*. Sua teoria da produção fazia justamente essa ligação entre o que entrava no processo econômico e o que dele saía. Recursos naturais são na verdade matéria e energia de qualidade que entra no processo econômico. Poluição, calor e matéria dissipados saem do processo econômico. O que sai está

¹²⁶ O relatório foi resultado do trabalho de investigação realizado por uma equipe do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT) a pedido do Clube de Roma (organização não governamental, fundada em 1968, que reúne economistas, industriais, banqueiros, chefes de estado, líderes políticos e cientistas de vários países para analisar a situação mundial e apresentar previsões e soluções para o futuro). (Donella H. Meadows et al. *The Limits to Growth*, Nova York: Universe Books, 1972).

¹²⁷ Vincent Kerry Smith & John V. Krutilla, “The Economics of Natural Resource Scarcity: an Interpretative Introduction”, em Vincent Kerry Smith, *Scarcity and Growth Reconsidered* (Baltimore: John Hopkins University Press, 1979), pp. 1-35.

intimamente ligado ao que entra, pois, do ponto de vista físico, o processo econômico não cria matéria e energia, apenas as transformam.

O lado otimista do debate, que dizia que os recursos naturais não renováveis não apresentam restrição ao crescimento econômico, teve como apoio um importante estudo realizado por Harold J. Barnett & Chandler Morse, em 1963, intitulado *Scarcity and Growth: the Economics of Resource Scarcity*. Com a hipótese de que um conjunto de indicadores reflete bem a escassez de recursos naturais, os autores analisaram a tendência desses indicadores no tempo. Os preços eram um deles. A hipótese é de que uma tendência ascendente de longo prazo do preço do recurso reflete situação de crescente escassez. O estudo revelou que permaneceram estáveis, entre 1870 e 1953, os preços reais da maioria dos recursos não renováveis no mercado americano. Tal tendência foi interpretada como comprovação de que não estaria havendo escassez de tais recursos. Outro indicador foi o custo de extração. A hipótese aqui é que a exploração começa nas jazidas mais ricas, de menor custo de extração, até as jazidas mais pobres de custo mais elevado. Inicialmente o recurso é abundante e seu custo de extração será reduzido, mas com o tempo torna-se escasso, e o custo de extração aumenta. Barnett e Morse encontraram uma tendência declinante para esse indicador, chegando à conclusão de que haveria superabundância, e não escassez.

Há, contudo, problemas com a utilização de tais indicadores. No caso do petróleo, a tendência do preço pode ser afetada pelo funcionamento de monopólios. Além disso, para que os preços refletissem a escassez, os responsáveis pela decisão de explorar o recurso precisariam estar perfeitamente informados a respeito da escassez relativa presente e futura.

Quanto ao custo econômico de extração, o problema é que Barnett e Morse consideraram apenas capital e trabalho como fatores que compõem tal custo, ignorando a energia empregada na extração. Se tratassem a energia como fator primário, veriam que houve substituição de capital e mão de obra por energia de origem fóssil. Na verdade, uma quantidade cada vez maior de energia vem sendo usada no processo que vai desde a descoberta, a extração e o refino até a transformação do recurso. No início do período estudado (1870), a energia empregada na extração provinha da madeira. A substituição da madeira pelo carvão e por outros combustíveis fósseis tornou possível a redução no uso de trabalho e de capital. Mas, se a avaliação tivesse sido feita não em termos de custos monetários de capital e trabalho, e sim de energia

(medida em Joules, por exemplo), ela revelaria custos unitários de extração crescentes.¹²⁸

Em 1979 foi organizada uma coletânea de artigos para que se entendesse a divergência de opiniões sobre o tema. Não por acaso o nome do livro é *Scarcity and Growth Reconsidered*. Nessa coletânea, o representante da economia neoclássica foi Joseph E. Stiglitz, que mais tarde, em 2001, seria o prêmio Nobel de ciências econômicas. Na visão da economia neoclássica, os recursos naturais só representariam uma restrição de fato se as seguintes condições fossem satisfeitas:

- a) Um recurso deve ter sua oferta limitada relativamente às taxas de uso;
- b) deve ser não-renovável e não-reciclável;
- c) deve ser essencial, ou seja, necessário para a produção;
- d) não pode haver substitutos para tal recurso;
- e) deve ser impossível melhorar a eficiência com a qual o recurso é utilizado além de um ponto – para termos um problema devemos estar perto de tal ponto;
- f) deve ser impossível desenvolver um substituto para tal recurso.¹²⁹

Um conceito-chave entre os economistas na abordagem da substituição de recursos naturais por capital é o de elasticidade–substituição.¹³⁰ Esse conceito mede a mudança percentual na proporção entre os insumos capital e recursos naturais que decorre da mudança percentual no preço relativo de cada um. Em princípio, se o preço de um recurso natural aumenta relativamente ao insumo capital, sua participação relativa no processo produtivo diminui. Eis, para a visão convencional, a substituição de recursos naturais por capital.

A visão otimista da economia neoclássica se baseia em duas hipóteses sobre a tecnologia. A primeira é a possibilidade de progresso técnico poupador de recursos naturais; e a segunda é a facilidade do trabalho e do capital

¹²⁸ Charles C. Mueller, *Os economistas e as relações entre o sistema econômico e o meio ambiente* (Brasília: Editora da UnB/Finatec, 2007).

¹²⁹ Joseph E. Stiglitz, “A Neoclassical Analysis of the Economics of Natural Resources”, em Vincent Kerry Smith, *Scarcity and Growth Reconsidered* (Baltimore: John Hopkins University Press, 1979), p. 40.

¹³⁰ William D. Nordhaus & James Tobin, “Is Economic Growth Obsolete?”, em *Proceedings of the Fiftieth Anniversary Colloquium of the National Bureau of Economic Research: Economic Growth* (Nova York: Columbia University Press, 1972), pp. 1-80.

reproduzível substituírem os recursos naturais na produção. Portanto, nessa visão, os recursos naturais não são diferentes de outros fatores de produção. No outro extremo do debate estava Georgescu, que ficou responsável por comentar o artigo de Stiglitz. A crítica de Georgescu¹³¹ é basicamente que o problema da distribuição de recursos entre gerações nada tem a ver com elasticidade–substituição! O problema dos recursos naturais diz respeito a todas as gerações futuras. Não é possível imaginar uma economia que funcione sem recursos naturais. Uma mudança nos fatores capital e trabalho pode apenas diminuir a quantidade de desperdício na produção de uma mercadoria. Mas aqueles não podem substituir os recursos naturais, mesmo porque as máquinas não podem criar a matéria da qual são feitas. Assim, critica a ideia de Stiglitz de que os recursos naturais são apenas mais um tipo de fator de produção.

A abordagem de Georgescu mostra o idealismo dos neoclássicos, em oposição ao materialismo, ou seja, a ignorância das restrições biofísicas ao crescimento econômico. O tratamento neoclássico para questões de sustentabilidade viola as leis da termodinâmica – em especial a lei da entropia, de acordo com a qual a quantidade de matéria e energia incorporada aos bens finais é menor do que aquela incorporada aos recursos utilizados na sua produção. Em outras palavras, uma parte da energia e do material de baixa entropia transformados se torna imediatamente resíduo. Isso significa que não se pode alcançar uma eficiência produtiva total. Evidentemente, a quantidade de baixa entropia desperdiçada no processo depende do estado da tecnologia de produção em um dado momento. Avanços na tecnologia de produção significam menos desperdício, com maior proporção de material e energia de baixa entropia incorporada aos bens finais.

Até que se chegue ao limite termodinâmico, existe o potencial para que mais bens possam ser produzidos a partir de uma mesma quantidade de recursos energéticos e materiais. Uma vez alcançado o limite termodinâmico da eficiência, o produto real fica totalmente dependente da existência do provedor de recursos, que é o capital natural. Segundo a termodinâmica, à medida que se chega mais perto desse limite a dificuldade e o custo de cada avanço tecnológico aumentam.

¹³¹ Nicholas Georgescu-Roegen, “Comments on the Papers by Daly and Stiglitz”, em Vincent Kerry Smith, *Scarcity and Growth Reconsidered*, cit.

Outra importante implicação da lei da entropia para o processo produtivo é que a reciclagem de materiais nunca pode ser total. É falso supor que avanços tecnológicos na capacidade de reciclagem sejam capazes de eliminar o problema dos estoques decrescentes de recursos terrestres. No limite, energia e matéria de baixa entropia são os únicos insumos do processo econômico. Apesar da função essencial dos fundos capital e trabalho na produção, esses são agentes transformadores que também dependem de recursos de baixa entropia para serem produzidos e mantidos. No entanto, os resíduos de alta entropia representam o produto final do processo econômico, uma vez que o único produto material da fase de consumo é o resíduo entrópico que retorna ao ambiente.

O cerne do problema ecológico está no impacto da atividade econômica de uma geração sobre a qualidade de vida das gerações seguintes. Esse impacto ocorre devido à utilização de recursos naturais finitos e à acumulação de poluição no ambiente gerando efeitos prejudiciais a este. Não há mágica: crescimento da economia exige mais extração de recursos numa ponta e mais liberação de resíduos na outra. Isso implicará a descoberta de vias de desenvolvimento compatíveis com a estabilidade, e, num futuro mais distante, com o decréscimo da produção material.

A solução para o problema da distribuição de recursos naturais entre as gerações se encontra no campo da ética, e não no da economia. Isso quer dizer que depende da postura ética das atuais gerações em relação às gerações que ainda estão por vir. Por isso, na hora de prescrever uma política para a economia de recursos, as recomendações devem minimizar futuros arrependimentos, e não maximizar as utilidades. Tal política deve considerar que uma sociedade é uma entidade virtualmente imortal e por essa razão não pode ser aplicado o mesmo raciocínio econômico que se aplica ao indivíduo.

Um indivíduo é mortal e por isso escolhe entre consumir no presente ou consumir no futuro. O amor pelo presente e a certeza de que vai morrer um dia podem fazer com que ele decida consumir suas reservas antes de chegar à velhice. Mas o planejamento de uma sociedade não poderia repetir o mesmo raciocínio, pois quem sofreria o ônus seriam as gerações futuras dessa sociedade. Em razão disso, para Georgescu,¹³² seria necessário diminuir a

¹³² Nicholas Georgescu-Roegen, "Comments on the Papers by Daly and Stiglitz ", em Vincent Kerry Smith, *Scarcity and Growth Reconsidered*, cit.

depleção de combustíveis fósseis para não nos colocar na posição impossível de não ter suporte para pesquisar outras fontes de energia.

Durante o debate sobre escassez de recursos naturais *versus* crescimento econômico, algumas ideias equivocadas sobre a realidade foram repetidas e ainda são até hoje. A ideia de que a humanidade poderá passar bem sem recursos naturais e que o escasseamento destes será apenas mais um evento é um exemplo de crença no moto-perpétuo. Esse tipo de visão ganhou força e fundamentação teórica com o prêmio Nobel Robert Solow. Sua ideia é de que, se a tecnologia permite a substituição, não há com que se preocupar.

Para Solow¹³³ toda essa preocupação com o escasseamento de recursos não se justifica, pois o que importa é que o nível de consumo *per capita* seja sustentado indefinidamente. Dada a disponibilidade finita do recurso natural, para que o consumo *per capita* se mantenha constante, algumas condições devem ser satisfeitas. Entre elas, o aumento na participação relativa do capital na produção quando houver aumento de preço do recurso natural em relação ao preço do capital. Na visão neoclássica, isso é considerado como substituição de recursos naturais por capital. Outra condição é que deve haver contínua mudança tecnológica que seja poupadora do recurso.

Solow considera que existem três tipos de capital: o capital manufaturado, que é tudo aquilo que construímos, incluindo as máquinas, o capital humano, ou seja, a força de trabalho, considerando trabalho qualificado, educação, e por fim o capital natural, que é o estoque de recursos naturais. Para que o consumo *per capita* seja mantido indefinidamente, o que deve ser conservado é a soma dos três tipos de capital. Por isso, se acabar o estoque de recursos naturais, mas houver uma compensação no que diz respeito ao aumento do capital manufaturado e/ou do capital humano, estaremos no caminho certo, e a economia poderá continuar operando e gerando bem-estar sem necessidade do capital natural.

Georgescu não ignorava a importância da tecnologia, só não admitia a visão de que ela permite substituir recursos naturais por capital construído. E muito menos admitia modelos que consideram o sistema econômico como um moto-perpétuo, em que não há necessidade de entrada de energia nem de matéria. Os equipamentos de capital não podem se reproduzir sem que haja uma oferta

¹³³ Robert M. Solow, "The Economics of Resources or the Resources of Economics", em *American Economic Review*, 64 (2), 1974, pp. 1-14.

adicional de recursos naturais. Por isso, para Georgescu, a visão de futuro de Solow é de um Jardim do Éden¹³⁴.

Isso que Georgescu chamou de Jardim do Éden pode ser considerado como um mito de desmaterialização da economia. É a ideia de que a eficiência no uso da energia poderá desconectar o crescimento econômico do uso de energia e materiais, reduzindo o impacto ambiental para cada incremento monetário adicional do Produto Interno Bruto (PIB).¹³⁵

Contudo, apesar das reduções na intensidade energética, ou seja, redução da quantidade de energia em relação ao valor monetário do produto e redução das emissões de resíduos por unidade monetária, as economias crescem, e o que ocorre é o aumento do uso de energia e materiais. Foi o que mostrou o estudo do World Resources Institute.¹³⁶ Entre os países analisados estavam Estados Unidos, Alemanha e Japão. A conclusão é de que a queima de combustíveis fósseis tem sido dominante nesses países e é a principal responsável pela emissão de resíduos. Os ganhos de eficiência trazidos pelas tecnologias foram compensados negativamente pelo aumento da escala do crescimento econômico.

Aliás, o descolamento do PIB do uso de energia não é algo tão novo. A Revolução Industrial foi acompanhada por contínuos melhoramentos tecnológicos, em que cada nova máquina a vapor era mais eficiente no uso de energia do que as anteriores. Foi o que mostrou William Stanley Jevons, em 1865, antes de se tornar um dos pioneiros da economia neoclássica. Jevons estava preocupado com o futuro dos estoques de carvão na Inglaterra e sua relação com a economia daquele país. No capítulo “On the Economy of Fuel”, do livro *The Coal Question*, Jevons tenta mostrar a importância do carvão para a economia inglesa, sobretudo que foi justamente a eficiência no uso do carvão por meio de novas tecnologias que permitiu aumentar a escala de produção e desenvolver a indústria inglesa.

A questão era saber se novas tecnologias no uso do carvão seriam capazes de evitar o esgotamento da fonte. Jevons argumentou que aumentos de eficiência no uso de um recurso natural, como o carvão, apenas resultavam em aumento da demanda por aquele recurso, e não na redução desta. Tal melhora

¹³⁴ Nicholas Georgescu-Roegen, *Energy and Economic Myths: Institutional and Analytical Economic Essays* (Nova York: Permagon Press, 1976).

¹³⁵ John Bellamy Foster, *Ecology against Capitalism* (Nova York: Monthly Review Press, 2002), pp. 22-24.

¹³⁶ Emily Matthews et al., *The Weight of the Nations: Material Outflows from Industrial Economies* (Washington: World Resources Institute, 2000).

na eficiência ou na economia de um combustível é o que faz da indústria o que é. “A história da máquina a vapor foi uma história de economias sucessivas em seu uso, o que levava a um aumento na escala da produção e na demanda por carvão.”¹³⁷

A economia no uso da energia que leva a um uso maior da fonte energética, e não à sua conservação, ficou conhecida como efeito Jevons. Hoje, muita pesquisa tem sido feita na área, e efeito bumerangue é outra denominação para o mesmo problema. Discute-se a possibilidade de que ganhos de eficiência energética no plano microeconômico levem a um consumo de energia, no plano macro, maior do que se não houvesse tais ganhos.¹³⁸ Um dos motivos parece ser a persistência do crescimento econômico, que pode anular a conservação possibilitada pela eficiência.

Dissipação da matéria

Muitos consideravam viável, já na década de 1970, a tecnologia baseada no uso direto da radiação solar. Georgescu,¹³⁹ ao contrário, chegou à conclusão de que tal tecnologia não era viável, pois qualquer receita de uso direto da energia solar seria parasita da tecnologia corrente, baseada principalmente em recursos fósseis. Georgescu se opôs às avaliações tecnológicas baseadas somente em análises do fluxo de energia, que não consideravam os materiais necessários no processo de extração de energia¹⁴⁰.

Assim, Georgescu criticou a escola de análise energética representada por William F. Cottrell, Howard T. Odum, Malcolm Slesser e Robert Constanza,¹⁴¹ por assumirem que a reciclagem perfeita dos materiais é possível se houver

¹³⁷ William Stanley Jevons, *The Coal Question: an Inquiry Concerning the Progress of the Nation, and the Probable Exhaustion of Our Coal-Mines* (Londres: Macmillan, 1866), p. 152, tradução livre.

¹³⁸ Para discussão detalhada sobre as relações entre eficiência, consumo e conservação de energia, ver trabalho de Nilton Bispo Amado. (*Energia e desenvolvimento capitalista: o debate em torno das políticas de efficientização*, dissertação de mestrado (São Paulo: Programa Interunidades de Pós-graduação em Energia – USP, 2005).

¹³⁹ Nicholas Georgescu-Roegen, “Energy Analysis and Economic Valuation”, em *Southern Economic Journal*, 45 (4), 1979.

¹⁴⁰ *Ibid.*

¹⁴¹ William F. Cottrell, *Energy and Society* (Nova York: McGraw-Hill, 1955); Howard T. Odum, *Environment, Power and Society* (Nova York: John Wiley & Sons, 1971); Malcolm Slesser, *Energy in the Economy* (Nova York: St. Martin’s Press, 1978); Robert Constanza, “Embodied Energy and Economic Valuation”, em *Science*, 210 (4475), 12-12-1980, pp.1219-1224.

energia suficiente disponível. Georgescu¹⁴² considerou esse tipo de análise uma espécie de dogma energético, que leva à conclusão errônea de que a energia é o único recurso limitante. Se, por um lado, ele corretamente chamou a atenção para a importância e a singularidade dos materiais na economia, por outro acabou formulando uma nova lei da termodinâmica com *status* científico duvidoso, para tentar se contrapor à escola energética. Sua quarta lei seria considerada equivocada e desnecessária, como será mostrado adiante.

A escola de análise energética tem como importante figura o ecólogo americano Howard T. Odum, que publicou um livro importante chamando a atenção para a importância da energia no sistema econômico. *Environment, Power and Society* tenta mostrar como a energia circula entre os setores da economia no sentido contrário ao dinheiro.

A escola de Odum considera o excedente energético como único critério de eficiência: quanto maior o excedente obtido por um processo, maior a eficiência desse processo. Se uma tonelada de petróleo é utilizada para extrair dez toneladas de petróleo, o excedente é de nove toneladas de petróleo. A computação do excedente é baseada não apenas na energia utilizada diretamente no processo de extração, mas também na quantidade de energia necessária para produzir ou consertar todos os componentes materiais do processo. Contudo, para Georgescu,¹⁴³ o excedente energético, por si só, não pode constituir um princípio geral de avaliação tecnológica. Existem processos que, apesar de deficitários energeticamente, proveem um superávit de materiais. É o caso da mineração. Outros processos geram superávit energético, mas dissipam materiais. Qualquer princípio de avaliação tecnológica deve levar em conta ambos os fluxos de materiais e de energia.

A crítica de Georgescu ao modelo energético é de que não se considera a saída de matéria do processo econômico. Sabe-se que todos os processos produzem dissipação de energia (indisponível), que retorna ao ambiente em forma de calor. No entanto, não é levado em conta que o processo econômico também dissipa materiais. Considera-se, ao contrário, que o processo econômico recicla toda a matéria, como um ecossistema. Sendo assim, também não haveria necessidade de entrada de matéria do ambiente para o processo econômico.

¹⁴² Nicholas Georgescu-Roegen, "Energy Analysis and Economic Valuation", em *Southern Economic Journal*, n. 45, 1979, pp. 1023-1058.

¹⁴³ Nicholas Georgescu-Roegen, "Energy Analysis and Economic Valuation", cit.

Qualquer que seja a fonte de energia usada, não se pode ignorar a depleção dos depósitos terrestres de materiais disponíveis, causada por qualquer processo produtivo. Considerando o planeta como um sistema fechado em que não entra matéria (apenas energia), a longuíssimo prazo, devido à dissipação material e ao declínio da qualidade no uso dos recursos naturais, na visão de Georgescu,¹⁴⁴ alguns elementos materiais se tornarão mais críticos que a energia para um sistema industrial do tipo atual.

Suas críticas ao dogma energético também o levaram a se opor a proposta de economia do astronauta feita por Kenneth E. Boulding¹⁴⁵. Boulding havia proposto uma economia do astronauta em contraposição à economia do cowboy. Esta última foi a que prevaleceu ao longo da história. Está relacionada à exploração de novos recursos e a uma visão de expansão das fronteiras que delimitam os domínios do homem. Nessa visão, o crescimento do bem-estar humano está associado ao crescimento do consumo material. Contudo, muito recentemente, a humanidade entendeu que se encontra num mundo esférico fechado, e não num plano ilimitado. Se o mundo é um sistema fechado para materiais, mas aberto para entradas e saídas de energia, ele é como uma nave espacial. Para Boulding, a implicação disso é que a economia deve passar a ser vista como um sistema circular autorrenovável materialmente. Daí a expressão economia do astronauta, que deve ser o *modus operandis* do processo econômico: um sistema cíclico capaz de contínua autorreprodução material, sendo necessária apenas uma entrada líquida de energia suficiente.

Para Boulding não há lei que diga que a entropia da matéria aumenta, portanto seria possível com a energia do sol reciclar todos os materiais utilizados pela economia. Assim, não haveria necessidade de entrada de materiais no processo econômico, pois este seria circular nesse aspecto.

Georgescu¹⁴⁶ criticou essa visão de economia circular, em que seria possível que o processo econômico funcionasse sem entrada de materiais. De fato, existem ciclos de reciclagem material no planeta Terra. Contudo, os materiais utilizados no processo industrial são compostos heterogêneos e concentrados. Além disso, Georgescu enfatiza que a reciclagem da matéria nunca poderá ser 100%, pois ela também está sujeita a transformações irreversíveis. Como, para

¹⁴⁴ *Ibidem*.

¹⁴⁵ Kenneth E. Boulding, "The Economics of the Coming Spaceship Earth", em Henry Jarett (org.), *Environmental Quality in a Growing Economy* (Baltimore: Resources for the Future/Johns Hopkins University Press, 1966).

¹⁴⁶ Nicholas Georgescu-Roegen, "Energy Analysis and Economic Valuation", cit.

Boulding, a reciclagem pode ser completa, o sistema econômico poderia operar como se todos os recursos fossem renováveis.

Para reforçar sua oposição a esse pensamento, Georgescu¹⁴⁷ acabou propondo, no artigo “Matter, matters too” de 1977, uma quarta lei da termodinâmica, relacionada à dissipação da matéria. Para ele, um sistema fechado, em que só entra energia a uma taxa constante, não pode realizar trabalho a uma taxa constante indefinidamente. Isso significa que não é possível reciclar matéria 100%.

Na época, não foi correspondido. Em 1986, Carlo Bianciardi, Paolo Degli Espinosa e Enzo Tiezzi relativizaram essa lei de Georgescu dizendo que, teoricamente, a reciclagem total é possível sim. Por isso, sua quarta lei não teria *status* de lei científica.

Em nossa opinião, a afirmação de G. R. é muito importante do ponto de vista da análise de processos físicos, ou mesmo da ética, mas é falsa no campo das leis físicas em que o autor pretendia que permanecesse.¹⁴⁸

Os autores consideram que a reversão da degradação material é possível se houver uma entrada líquida de energia suficientemente grande no sistema, pois o custo energético dessa reversão é crescente. Isto quer dizer que, concretamente, a reciclagem de 100% é inviável, mesmo que seja possível teoricamente.

A introdução da quarta lei teria sido desnecessária. Para recuperar materiais desperdiçados, é necessária uma forma ordenada de energia que diminua a entropia de dentro do sistema, aumentando, contudo, a entropia do ambiente. Se a reciclagem perfeita é fisicamente possível havendo quantidade suficiente de energia disponível, o problema é que tal gasto de energia envolveria aumento tremendo de entropia do ambiente, o que não seria sustentável para a biosfera.¹⁴⁹

¹⁴⁷ Nicholas Georgescu-Roegen, “Matter, Matters Too”, em Kenneth D. Wilson (org.), *Prospects for Growth: Changing Expectations for the Future* (Nova York: Praeger, 1977).

¹⁴⁸ Carlo Bianciardi, Paolo Degli Espinosa, Enzo Tiezzi, “Ma la materia ha una storia”, em *Scienza Esperienza*, nº 36, 1986, pp. 40-41, tradução livre.

¹⁴⁹ Carlo Bianciardi, Enzo Tiezzi, Sergio Ulgiati, “Complete Recycling of Matter in the Frameworks of Physics, Biology and Ecological Economics”, em *Ecological Economics*, 8 (1), 1993, pp. 1-5.

Para Robert U. Ayres,¹⁵⁰ a reciclagem dos materiais não envolveria nenhum aumento de entropia na biosfera, se realizada apenas com a energia direta do sol. Concorda que os materiais não podem ser reciclados com 100% de eficiência, e que, portanto, sempre há perdas. Todavia, para ele, a conclusão de Georgescu de que o sistema econômico está fadado a decrescer à medida que materiais de baixa entropia forem dissipados e se tornarem indisponíveis é falsa.

Segundo Ayres,¹⁵¹ o que deriva da proposição de imperfeição da reciclagem é que: a) mesmo os processos de reciclagem mais eficientes gerarão resíduos; b) esses resíduos se acumularão com o passar do tempo em alguma “lixeira” que pode ser a crosta terrestre, os oceanos; c) na ausência de recuperação, os materiais úteis diminuirão em cada período no que diz respeito à quantidade perdida para a lixeira, e, dada a disponibilidade de energia advinda do sol, não há barreira para se tratar a lixeira; d) a recuperação nunca será 100%, portanto, sempre haverá resíduos do próprio processo de recuperação que simplesmente voltarão para a lixeira; e) assim, a implicação correta é de que nem todos os materiais da Terra podem estar em serviço ativo em um dado momento, porque a lixeira nunca pode ser eliminada de uma só vez.

Georgescu debateu veementemente com físicos que energia não é suficiente, porque materiais de qualidade também se dissipam e se tornam crescentemente indisponíveis. Para enfatizar esse ponto de modo explícito, propôs a quarta lei da termodinâmica. Ayres¹⁵² rebateu alegando que essa lei está longe de ser uma lei geral.

Se o *status* dessa lei é tido como incerto e, para alguns, falso, as investigações de sua validade também são problemáticas. Todavia, para todo efeito prático, sua observação sobre a dissipação da matéria é ecologicamente relevante mesmo que a quarta lei seja falsa. Com a tecnologia atual, a reciclagem de materiais está muito longe de ser completa. Materiais valiosos estão constantemente sendo dissipados em formas que não podem ser reutilizadas. Além disso, para reciclar toda a matéria num sistema fechado, seria necessário não apenas energia quase infinita, mas também tempo infinito.¹⁵³

¹⁵⁰ Robert U. Ayres, “Comments on Georgescu-Roegen”, em *Ecological Economics*, 22 (3), 1997, pp. 285-287.

¹⁵¹ *Ibidem*.

¹⁵² *Ibidem*.

¹⁵³ Randolph Beard & Gabriel A. Lozada, *Economics, Entropy and the Environment: the Extraordinary Economics of Nicholas Georgescu-Roegen* (Cheltenham: Edward Elgar, 1999);

Teoria do valor energético

Georgescu criticou a chamada escola de análise energética por outro motivo ainda: a tentativa de reduzir a noção de valor econômico à energia incorporada num bem econômico qualquer. Howard Odum desenvolveu a noção de eMergia, que em inglês quer dizer *embodied energy*, que é algo como uma memória energética, ou seja, uma medida da energia disponível que já foi utilizada direta e indiretamente para fazer um produto ou serviço. Para Odum, pode-se medir alguma riqueza real através do trabalho físico previamente realizado. Por isso, a base do valor econômico seria a eMergia, e os valores monetários deveriam refletir isso.

Odum¹⁵⁴ compara sua teoria energética do valor à teoria do valor trabalho de Karl Marx. Para Marx, o valor é gerado em proporção às contribuições dos serviços do trabalho humano. Portanto, a medida do valor é a contribuição prévia de trabalho ao produto. Um produto contém uma quantidade de energia, mas a eMergia mede toda a energia utilizada no processo de produção, ou seja, a contribuição energética prévia para produção do bem em questão. “É um erro medir tudo pelo dinheiro. Ao contrário, deveríamos usar a energia como medida, afinal apenas dessa maneira podemos levar em conta a contribuição da natureza.”¹⁵⁵

Para Georgescu, mesmo se fosse aceita a visão da escola energética de que o processo econômico é mantido apenas por um fluxo de energia do ambiente, o valor econômico não poderia ser reduzido à energia. Isso significaria ignorar o capital, o trabalho e a terra, pois não estaria sendo levado em conta que os serviços prestados por esses fundos têm valor econômico. Foi por isso que ele rejeitou a teoria do valor baseada na memória energética proposta por Odum. Isso significaria substituir a economia pela termodinâmica. Claro, o processo econômico está relacionado a problemas humanos e sociais, portanto o produto tem mais do que simples matéria e energia.

Marcos Nobre & Maurício de C. Amazonas (orgs.), *Desenvolvimento sustentável: a institucionalização de um conceito* (Brasília: Ed. Ibama, 2002).

¹⁵⁴ Howard Odum, *Environmental Accounting*, cit.

¹⁵⁵ Howard T. Odum & Elisabeth C. Odum, *Energy Basis for Man and Nature* (Nova York: McGraw-Hill, 1981), p. 42, tradução do autor deste livro.

Georgescu rejeitava explicações únicas para o determinante do valor econômico. O valor tem um componente objetivo, que é uma qualidade intrínseca ao objeto, e um subjetivo, que é a avaliação subjetiva feita pelo usuário do objeto. O pré-requisito para a qualidade intrínseca ao objeto é baixa entropia (matéria e energia disponíveis). Baixa entropia é transformada pelo trabalho e pelo capital em bens úteis. O componente subjetivo é o desejo humano de atingir sua meta: o gozo da vida. Assim, uma ciência humana como a economia não pode ignorar o homem e seus objetivos. É verdade que, do ponto de vista material, o processo econômico transforma recursos de qualidade em resíduos dissipados. Mas esse não é o objetivo do processo econômico!¹⁵⁶

Tudo que entra no processo econômico tem valor econômico, mesmo que não tenha preço. Uma condição necessária para que algo tenha valor econômico é ter baixa entropia. O que entra no processo econômico como um todo são os fluxos de energia e matéria e os serviços prestados pelos fundos: equipamentos de capital, força de trabalho e terra. O preço por sua vez está relacionado à possibilidade do objeto ser possuído, uma vez que seu uso pode ser negado para alguns membros da comunidade. Fatores como as preferências e a distribuição da renda também influenciam os preços.

De acordo com os cálculos de Robert Constanza,¹⁵⁷ discípulo de Odum, não haveria conflito entre os valores de energia incorporada e os preços. Por isso, nos casos em que não há preço para um bem ou serviço, seria possível usar os valores energéticos para determinar os valores de mercado.

Georgescu demonstrou que, para obter tal proporcionalidade entre preços e valores energéticos, Constanza ignorou os serviços dos fundos. Isso significa que os preços dos serviços do capital, do trabalho e da terra foram considerados nulos. A suposta prova matemática da relação entre os preços e o conteúdo energético dos bens foi severamente criticada por Georgescu, para quem os preços não são funções apenas dos fluxos. “Até o padeiro de uma pequena vila sabe que ele deve pagar não somente pelos fluxos de farinha, sal

¹⁵⁶ Nicholas Georgescu-Roegen, *The Entropy Law and the Economic Process* (Cambridge: Harvard University Press, 1971); Silvana de Gleria, “Nicholas Georgescu-Roegen’s Approach to Economic Value: a Theory Based on Nature with Man at its Core”, em Kozo Mayumi & John M. Gowdy, *Bioeconomics and Sustainability: Essays in Honor of Nicholas Georgescu-Roegen* (Cheltenham: Edward Elgar, 1999).

¹⁵⁷ Robert Constanza, “Embodied Energy, Energy Analysis, and Economics”, em Herman E. Daly & Alvaro F. Umaña, *Energy, Economics and the Environment: Conflicting Views of an Essential Interrelationship* (Boulder: Westview Press, 1981), pp. 119-145.

e combustível, mas também pelo serviço dos agentes (fundos) trabalho, instalações e espaço.”¹⁵⁸

Reduzir o valor econômico à energia é uma posição mais extrema que a mais pura das teorias do valor trabalho.¹⁵⁹ A visão energética diria que se a mesma energia líquida foi utilizada para produzir tanto caviar (que é basicamente proteína) quanto macarrão (basicamente carboidratos), ambos deveriam ter o mesmo preço. Isso simplesmente ignora o papel que as preferências e a distribuição de renda têm na formação dos preços.

Condição estacionária

É possível identificar nas críticas de Georgescu um forte pessimismo da razão.¹⁶⁰ Ele se opunha à visão panglossiana¹⁶¹ do “venha o que vier que nós daremos um jeito”. Também se opunha ao otimismo da vontade do dogma energético, que considerava as tecnologias alternativas à combustão de combustíveis fósseis prontas para serem utilizadas em larga escala. Por isso, acabou criticando não apenas economistas neoclássicos como Solow e Stiglitz, mas também autores que pensavam na energia como Odum e Constanza. Até seu ex-aluno Herman Daly, que lhe prestava tributo, foi alvo do seu rigor.

Na década de 1970, Daly passou a argumentar que já seria o caso de as economias avançadas pararem de se preocupar com crescimento econômico e passarem para uma condição estacionária. Esta é entendida como aquele estado em que a quantidade de recursos utilizados da natureza seria suficiente apenas para manter constantes o capital e a população. Os recursos primários só seriam usados para melhorar qualitativamente os bens de capital.

Uma boa analogia é a de uma biblioteca lotada em que a entrada de um novo livro deve exigir o descarte de outro de qualidade inferior. A biblioteca melhora sem aumentar o tamanho. Transposta para a sociedade, essa lógica significa

¹⁵⁸ Nicholas Georgescu-Roegen, “The Entropy Law and the Economic Process in Retrospect”, em *Eastern Economic Journal*, 12 (1), 1986, p. 10, tradução do autor deste livro.

¹⁵⁹ Nicholas Georgescu-Roegen, “Energy Analysis and Economic Valuation”, cit.

¹⁶⁰ Exercer o pessimismo da razão com o otimismo da vontade, máxima de Romain Rolland, Nobel de literatura em 1915, adotada por Antonio Gramsci. (Antonio Gramsci, “Il pessimismo dell’intelligenza e l’ottimismo della volontà”, em Giuseppe Fiori, *Vita di Antonio Gramsci* (Bari: Laterza, 1966), p. 323.)

¹⁶¹ Referência ao personagem de Voltaire, dr. Pangloss, para quem tudo ia bem.

obter desenvolvimento sem crescimento material: a escala da economia é mantida constante enquanto ocorrem melhorias qualitativas.

O que seriam essas mudanças qualitativas para Daly? Basicamente tem a ver com o aumento de duas eficiências: a eficiência com que o fundo de capital gera serviços e a eficiência no uso de recursos naturais para manutenção do capital. A primeira está relacionada ao fluxo de serviços de uma dada quantidade de capital construído; a segunda, ao fluxo biofísico do meio ambiente, necessário para manter esse capital. Mas o aumento dessas duas eficiências tem um limite, o que faz com que o desenvolvimento no estado estacionário só possa ser definido pelo aumento da capacidade de conhecimento dos seres humanos.

A noção de condição estacionária tem origem na economia política clássica, e foi com John Stuart Mill que tal cenário futuro passaria a ser visto como algo positivo. Mill vislumbrava um futuro em que não haveria mais a necessidade de crescimento econômico e as preocupações da sociedade seriam outras. Demonstrava algum tipo de preocupação ecológica, ainda que de um ponto de vista paisagístico. Argumentava que a solidão e as paisagens silvestres são fundamentais para o fortalecimento moral e para a felicidade do homem.

Para Mill, não há satisfação em contemplar um mundo em que nada sobrou de atividade espontânea da natureza. Por isso, esperava que a posteridade se contentasse em ser estacionária, de modo que o que importe seja uma população mais feliz e moralmente superior. A condição estacionária do capital e da população não implica um estado estacionário da melhoria humana. Haveria, ao contrário, mais espaço do que nunca para todos os tipos de progresso quando as mentes parassem de querer crescimento ilimitado da riqueza.

A proposta de Daly recebeu severas críticas de Georgescu,¹⁶² que a considerou um mito de salvação ecológica. Para Georgescu, ela transmite a ideia de que seria possível manter indefinidamente os padrões de vida e de conforto já alcançados nos países abastados e de que o fim do crescimento significaria uma vitória sobre a entropia. É um silogismo, pois dá a falsa impressão de que a manutenção de um determinado padrão de vida, com

¹⁶² Nicholas Georgescu-Roegen, *Energy and Economic Myths: Institutional and Analytical Economic Essays* (Nova York: Permagon Press, 1976); Nicholas Georgescu-Roegen, "The Steady State and Ecological Salvation: a Thermodynamic analysis", em *BioScience*, 27 (4), 1977, pp. 266-270; Nicholas Georgescu-Roegen, "Comments on the Papers by Daly and Stiglitz", cit.

capital e população constantes, não implica escassez progressiva das fontes terrestres de energia e materiais.

É como se a negação do crescimento produzisse a condição estacionária. Mas, para Georgescu, os argumentos a favor da condição estacionária funcionam ainda melhor para a condição de uma economia decrescente.

O novo Prometeu

Durante praticamente toda a história da humanidade, os seres humanos obtiveram sua subsistência através da combinação das atividades de caça e coleta. As restrições devido à população potencial eram as mesmas encontradas por outros animais. A chamada revolução agrícola mudou a natureza da restrição energética ao comportamento e à quantidade da população. A domesticação de alguns animais, o uso de plantas e a manipulação do seu comportamento reprodutivo tiveram como efeito aumentar a quantidade de energia disponível para os humanos, aumentando assim o tamanho potencial da população. Um estilo de vida radicalmente diferente emergiu, baseado na alteração dos ecossistemas de modo a produzir colheitas e pastos.

A transição da caça e coleta para a agricultura é considerada uma revolução devido a suas consequências – crescimento populacional, surgimento de cidades, estratificação social –, e não por ter sido um evento dramático e abrupto, ou mesmo planejado. A transição durou milênios. A agricultura permite uma produção de alimento muito maior a partir de uma área muito menor. Enquanto a agricultura melhorou o acesso do homem aos produtos da fotossíntese, o homem continuou operando dentro dos limites da taxa de radiação solar e dos processos biológicos nela baseados. Todavia, a Revolução Industrial e o uso de combustíveis fósseis mudaram tudo.¹⁶³

Uma maneira de descrever as atividades humanas é observar a tecnologia. No que diz respeito às suas características predominantes ao longo dos milênios, seria possível dividir as atividades humanas em três grandes eras tecnológicas: o domínio do fogo, a agricultura e o advento da máquina a vapor. Apenas essas tecnologias aumentaram o poder sobre o ambiente de uma maneira

¹⁶³ Clive Ponting, *A Green History of the World* (Londres: Penguin Books, 1991).

essencial. Georgescu¹⁶⁴ considerava essas tecnologias como prometeanas, em referência ao Titã da mitologia grega, que teria roubado o fogo dos deuses e entregado aos homens. Com a ajuda do fogo, os homens conseguiram se aquecer, cozinhar, fazer cerâmica e derreter metais.

Na metade do século XVII, a tecnologia baseada no fogo começou a acabar com seu combustível, a madeira. A transição da madeira para o carvão, na Inglaterra, foi resultado de uma crescente escassez da madeira. O crescimento populacional aumentava a demanda por combustível, e as florestas eram destruídas não apenas para prover mais terra para a agricultura, mas também para prover cada vez mais lenha como combustível. A resposta à crescente crise energética na Inglaterra foi a mudança para um combustível considerado inferior na época, o carvão.¹⁶⁵

O carvão já era conhecido como uma fonte de calor desde o século XIII, mas, na crise energética da madeira, a demanda crescente por aquele combustível levou a problemas na sua mineração com a tecnologia então existente. Embora disponível, a energia do carvão não estava acessível. Abaixo de uma profundidade moderada, a mina de carvão ficava inundada, e a água precisava ser drenada, o que requeria bastante energia. Foi a invenção da máquina a vapor que permitiu a drenagem das minas e a retirada de muito mais carvão do que o exigido pela máquina no processo de extração.¹⁶⁶

A transição da madeira para os chamados combustíveis fósseis foi fundamental para a existência humana, tal como foi a transição das sociedades caçadoras e coletoras para as sociedades agrícolas. A mudança para uma sociedade industrial dependeu do consumo dos recursos energéticos não renováveis. Assim como o carvão provou ser o suporte à expansão da indústria no século XIX, a disponibilidade de petróleo barato como fonte de energia foi o principal sustentáculo do crescimento econômico contínuo do século XX.¹⁶⁷

Para Georgescu, a tecnologia é o conjunto de receitas técnicas disponíveis para os humanos num dado momento. Todavia, uma tecnologia só é viável se

¹⁶⁴ Nicholas Georgescu-Roegen, "Energy Analysis and Economic Valuation", cit.; Nicholas Georgescu-Roegen, "The Crisis of Resources: its Nature and its Unfolding", em Gregory A. Daneke, *Energy, Economics and the Environment: Toward a Comprehensive Perspective* (Lexington: Health and Company, 1982). pp. 9-24; Nicholas Georgescu-Roegen, "Feasible Recipes versus Viable Technologies", em *Atlantic Economic Journal*, 12 (1), março de 1984, pp. 21-31.

¹⁶⁵ Clive Ponting, *A Green History of the World*, cit.

¹⁶⁶ Nicholas Georgescu-Roegen, "Energy Analysis and Economic Valuation", cit.; Nicholas Georgescu-Roegen, "The Crisis of Resources", cit.; Nicholas Georgescu-Roegen, "Feasible Recipes Versus Viable Technologies", cit.

¹⁶⁷ Clive Ponting, *A Green History of the World*, cit., p. 287.

ela se autossustenta, sendo capaz de se reproduzir, mesmo sujeita ao estoque limitado de recursos. Assim como um organismo vivo, uma tecnologia viável deve ser capaz de manter seu aparato material (corpo) intacto de um minuto para o minuto seguinte. A energia extraída com uma tecnologia deve exceder a energia necessária, para que o excedente seja utilizado pelos setores da economia que produzem o equipamento exigido na extração. Máquinas a vapor cujo combustível é o carvão são viáveis, pois tal máquina permite minerar carvão e derreter minério numa quantidade suficiente para produzir muitas outras máquinas a vapor. Tal expansão pode continuar até que os estoques de carvão acessíveis se esgotem.

A disponibilidade de um recurso não significa que ele esteja sempre acessível. A acessibilidade depende da tecnologia. E é isso que faz uma tecnologia viável, ou prometeana. Ela aumenta a quantidade de recursos acessíveis, gerando um excedente destes que será utilizado na produção e na manutenção dos elementos que constituem a própria tecnologia.

Num exercício para exemplificar a definição de tecnologia viável, Georgescu¹⁶⁸ supõe uma tecnologia de uso direto da radiação solar. A economia é dividida em três processos:

Processo 1 – coleta energia solar com coletores e outro capital.

Processo 2 – produz coletores usando energia solar e capital.

Processo 3 – produz equipamento de capital usando energia solar.

Admite-se que não há restrição quanto à acessibilidade dos materiais necessários para a produção de capital. A energia solar coletada no processo 1 deve exceder aquela utilizada nos outros dois processos para fabricar o equipamento necessário no processo de coleta. Se a energia solar coletada for suficiente para suprir a necessidade energética dos setores que produzem tanto os coletores quanto o capital, a tecnologia de coleta é viável.

Georgescu¹⁶⁹ via o esforço em pesquisa para substituir o uso de combustíveis fósseis por tecnologias solares com qualidades prometenas não apenas como legítimo, mas também como algo imperativo. Na ausência de um novo

¹⁶⁸ Nicholas Georgescu-Roegen, "Technology Assessment: the Case of the Direct Use of Solar Energy", em *Atlantic Economic Journal*, 6 (4), dezembro de 1978, pp. 15-21; Nicholas Georgescu-Roegen, "Energy Analysis and Economic Valuation", cit.

¹⁶⁹ Nicholas Georgescu-Roegen, "Technology Assessment", cit.; "Energy Analysis and Economic Valuation", cit.

Prometeu, o processo de exaustão do petróleo levaria a um desastre, que poderia incluir mísseis voando atrás do último barril. Entretanto, reconheceu as dificuldades no uso direto da energia solar através das receitas conhecidas atualmente. A radiação solar, que é uma energia de baixa densidade requer enorme quantidade de materiais na sua coleta para que seja factível suportar os processos industriais de hoje. A estrutura material necessária para coletar a energia solar é feita com energia de recursos fósseis. O ponto é que não é possível produzir coletores apenas com a energia que eles coletam. Assim, Georgescu enfatizou que as receitas então conhecidas eram parasitas da tecnologia corrente. Sendo um parasita, não sobreviveria ao seu hospedeiro. Por isso, ele não aceitava que se afirmasse que a tecnologia já está pronta.

A única energia renovável que excede o uso anual de energia fóssil é a radiação solar, que é muitas vezes maior que o uso do combustível fóssil. Até agora, contudo, o fornecimento de energia elétrica (fotovoltaica) ou calor diretamente da energia solar (fototérmica) representa uma minúscula fração da energia que se consome, devido a restrições técnicas e econômicas. Outros fluxos de energia renovável, como a energia dos ventos, não conseguiriam satisfazer as necessidades energéticas atuais do mundo, mesmo se fossem totalmente utilizados. Mais importante, existem aspectos qualitativos da energia solar, do vento e da biomassa que colocam desafios únicos para a universalização de sua utilização. As substituições de madeira por carvão e de carvão por petróleo foram mudanças para formas mais concentradas de energia. Fontes de energia menos concentradas requerem infraestrutura maior para produzirem quantidade equivalente de energia.¹⁷⁰

A intermitência é uma questão significativa para a energia do vento. As velocidades do vento são altamente variáveis, e a potência gerada cai drasticamente quando a velocidade do vento diminui. Como resultado, as turbinas eólicas produzem em média muito menos eletricidade que sua capacidade máxima. A fronteira da pesquisa tecnológica em energia eólica inclui o desenvolvimento de técnicas que permitam às turbinas operarem com ventos de baixa velocidade (reduzindo tanto os custos com infraestrutura quanto a necessidade de armazenar a energia).

¹⁷⁰ Cutler J. Cleveland, "Energy Quality, Net Energy, and the Coming Energy Transition", em Jon D. Erickson & John M. Gowdy (orgs.), *Frontiers in Ecological Economic: Theory and Application* (Cheltenham: Edward Elgar, 2007).

As tecnologias fotovoltaicas usam semicondutores para converter fótons de luz diretamente em eletricidade. Tais tecnologias têm tido um importante nicho que é a aplicação em áreas sem acesso à rede elétrica. Estimativas da contribuição futura da captação direta da radiação solar variam bastante e dependem de suposições de custos e políticas energéticas. Assim como ocorre com o vento, a base de recursos potencial é grande e distribuída pelo planeta, mas a intermitência também representa uma questão importante para essa tecnologia. A pesquisa tecnológica em energia fotovoltaica inclui maneiras de melhorar a produção das células, reduzir a quantidade de semicondutores necessários, desenhar sistemas que usam luz solar concentrada e substituir semicondutores por silicone.¹⁷¹

A crescente preocupação com a oferta mundial de petróleo adequada e com a atual falta de diversidade de opções de combustíveis para o setor de transportes faz do biocombustível o uso mais valorizado da energia da biomassa atualmente. As aplicações de biomassa mais promissoras envolvem sistemas integrados de coprodução de combustíveis líquidos e eletricidade como ocorre com o etanol da cana-de-açúcar no Brasil, que já atende aproximadamente 40% das necessidades de combustível para veículos de passageiros com o álcool da cana.¹⁷²

A expansão da contribuição da energia da biomassa dependerá não apenas da redução de custos e da mitigação de impactos ambientais, como perda de biodiversidade, uso da água e de agrotóxicos, mas também da minimização da pressão sobre áreas de produção de alimento e fibra.

Outras fontes de energia, como a geotérmica ou a nuclear, certamente têm potencial para expansão, além de sérias restrições, ainda que por motivos diferentes. Existe uma fonte de energia presente debaixo da crosta terrestre, que pode ser usada diretamente para gerar eletricidade. Contudo, a produção geotérmica de eletricidade só é possível onde o vapor ou água subterrânea existente se encontra a uma temperatura maior que 100 graus Celsius.

A tecnologia nuclear pode contribuir de maneira importante para a futura oferta de energia não fóssil. Entretanto, é duvidoso que novos investimentos possam

¹⁷¹ InterAcademy Council, "Lighting the Way: Toward a Sustainable Energy Future", report, *Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences*, Amsterdã, outubro de 2007, disponível em <http://royalsociety.org/downloaddoc.asp?id=4695>.

¹⁷² Isaías de Carvalho Macedo, *A energia da cana-de-açúcar: doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e sua sustentabilidade* (São Paulo: Única, 2005); José Goldemberg *et al.*, "Ethanol Learning Curve: the Brazilian Experience", em *Biomass and Bioenergy*, 26 (3), 2003, pp. 301-304.

ser realizados sem uma colaboração internacional efetiva em questões de segurança, resíduos e proliferação de armas nucleares. Além do que, sem mudanças na percepção pública sobre todos esses riscos, tal tecnologia enfrenta forte oposição de amplos segmentos da sociedade. Ambas tecnologias, nuclear e geotérmica, só se tornarão mais competitivas em relação aos fósseis quando houver sérias restrições à emissão de gases do efeito estufa.

Tais exemplos ilustram que as fontes renováveis de energia são difusas, especialmente quando comparadas às fontes não renováveis (fósseis). Isso significa que grandes quantidades de capital, trabalho, energia e materiais são necessários para coletar, concentrar e distribuir a energia para os usuários. Isso tende a torná-las mais caras que os fósseis. A diferença é bem representada pelo retorno energético sobre o investimento (energy return on investment – EROI) que tende a ser alto para os fósseis e baixo para as renováveis. Essa é a principal razão do desenvolvimento agressivo da tecnologia baseada em fósseis nos séculos XIX e XX. No caso dos combustíveis, uma importante diferença qualitativa é a densidade energética, que é a quantidade de energia contida por unidade de massa de algum combustível. Um quilograma de petróleo contém aproximadamente três vezes mais energia que um quilograma de madeira. Altas densidades energéticas contribuem para um retorno (EROI) mais alto.¹⁷³

Sem um curta caminho tecnológico imprevisível, um Prometeu, nenhuma opção renovável de energia por si só representa a bala de prata para o desafio energético mundial. O caminho da transição envolverá mudanças no lado da demanda como no da infraestrutura dependente de energia, assim como uma diversificação das fontes de oferta de energia.

Independentemente de quem esteja certo no que diz respeito ao prazo que se tem até o pico na produção dos combustíveis fósseis, o fato de que, no caso da produção do principal combustível líquido, o petróleo, tal pico ocorrerá ainda neste século coloca um desafio sem precedentes na história da humanidade. Mesmo diante disso, o desenvolvimento de tecnologias que substituirão o petróleo em escala global – seja pelo lado da oferta, como novas fontes de energia, seja pelo da demanda, como maior eficiência no uso final e alteração

¹⁷³ Cutler J. Cleveland, “Energy Quality, Net Energy, and the Coming Energy Transition”, cit.

de comportamentos – ainda pode demorar a acontecer. A próxima transição energética ocorrerá sob condições muito diferentes daquelas presentes nas transições passadas. Especulando, é possível que o crescimento econômico acelerado, uma das características da sociedade moderna, não seja tão normal nas sociedades pós-fósseis.

4 – Correntes atuais

<epi>Se sua teoria estiver contra a segunda lei da termodinâmica, não posso lhe dar nenhuma esperança; não há nada para ela a não ser colapsar na mais profunda humilhação.

(Arthur Eddington, *The Nature of the Physical World*)

<epi>Não-economistas têm mais facilidade para ver as metáforas do que os economistas, pois estes estão habituados com o uso diário da ideia de que é lógico que a produção vem de uma “função” e que os negócios movem-se em “ciclos”.

(Deidre N. McCloskey, *The Rhetoric of Economics*)

Nicholas Georgescu-Roegen é um dos principais inspiradores da economia ecológica. Seu nome também está associado de alguma maneira aos programas de pesquisa em economia da complexidade e economia evolucionária. Como se deu essa influência e até que ponto esses novos programas de pesquisa se valem de suas ideias é o que será apresentado neste capítulo.

Economia ambiental

Originalmente a questão ambiental foi abordada de duas maneiras distintas pela economia neoclássica: pela economia da poluição e pela economia dos recursos naturais. A economia da poluição é um desdobramento direto da teoria neoclássica do bem-estar e dos bens públicos. Ao perceber que a atividade econômica pode gerar custos ou benefícios que são transferidos para

a sociedade, Arthur Cecil Pigou¹⁷⁴, considerado fundador da economia do bem-estar, diferenciou os custos ou benefícios privados dos sociais.

Exemplos de atividades com um custo social diferente do custo do agente privado ocorrem em casos de bens que não são de uso exclusivo, mas apresentam rivalidade no consumo, chamados também de recursos comuns. São bens que as pessoas não podem ser impedidas de usar, mas sua utilização pode causar prejuízos a outros. Para fins didáticos, os bens econômicos são geralmente divididos em:

Quadro 1. Divisão dos bens econômicos.

	Rivalidade no consumo	Não-rivalidade no consumo
Exclusivos	Bens privados	Bens públicos pagos
Não exclusivos	Recursos comuns	Bens públicos puros

Fonte: Quadro baseado em Gregory N. Mankiw, *Introdução à economia: princípios de micro e macroeconomia* (2ª ed. São Paulo: Elsevier, 2001, p. 229).

Ao utilizarem um recurso comum em benefício privado, as famílias e as empresas podem gerar custos que são externalizados socialmente. O meio ambiente é considerado fonte de recursos comuns. Por ser quase impossível cobrar dos pescadores pelo peixe que pescam e de pessoas que derrubam árvores em áreas públicas para usar a madeira, esses são bens considerados de uso não exclusivo. Contudo, são bens rivais, pois, quando uma pessoa pesca, menos peixes haverá para os demais pescadores e, quando alguém derruba uma árvore, menos madeira haverá para eventuais pessoas que queiram madeira.

Danos ambientais são definidos por essa teoria como externalidades negativas. É o caso da poluição, que, ao ser emitida, gera diferença entre os custos privados e os custos sociais. Essa assimetria faz com que a quantidade efetiva de poluição seja maior que a quantidade socialmente ótima, em que os benefícios líquidos da sociedade são máximos. Para corrigir esses desvios, a

¹⁷⁴ Arthur Cecil Pigou, *The Economics of Welfare*, Macmillan, 1st edn., 1920.

teoria propõe que os custos sociais sejam internalizados nos cálculos dos agentes geradores, por exemplo, através de taxação.¹⁷⁵

A economia dos recursos naturais se funda com um artigo de Harold Hotelling.¹⁷⁶ A teoria foi construída para tratar dos aspectos da extração e da exaustão dos recursos naturais ao longo do tempo. Parte do entendimento de que a utilização dos recursos naturais é um problema de alocação intertemporal, já que um estoque de recursos naturais pode ser extraído hoje ou no futuro. A análise, portanto, se centra na determinação da depleção ótima de um recurso natural que existe em quantidade limitada e fixa. Depleção ótima é aquela que maximiza o valor presente do benefício da extração do recurso.

Todavia, as condições do ótimo econômico não garantem de forma alguma a estabilidade ecológica. Pelo contrário, contribuem para perturbá-la. Mauricio de Carvalho Amazonas aponta os motivos pelos quais os atributos dos problemas ambientais não podem ser apreendidos pelas preferências individuais reveladas no consumo:

- 1) O enorme desconhecimento e incerteza que os indivíduos têm diante dos fatores ambientais.
- 2) Limitação dos indivíduos de expressarem seus julgamentos sobre o ambiente no que concerne a um dispêndio monetário pessoal.
- 3) Possibilidade de não ocorrência do desejo de equidade para com as gerações futuras.¹⁷⁷

A questão da sustentabilidade ambiental não pode, portanto, ser tratada pelos critérios e pelos procedimentos de otimização. Por isso mesmo, a própria abordagem neoclássica passou a adotar critérios adicionais que estabelecessem a transmissão de algum tipo de constância ao longo das sucessivas gerações. Chegou-se assim à ideia de que o que deve permanecer constante é o consumo, de modo a não favorecer nenhuma geração em

¹⁷⁵ Mauricio de Carvalho Amazonas, “Desenvolvimento sustentável e teoria econômica: o debate conceitual nas perspectivas neoclássica, institucionalista e da Economia Ecológica”, em Marcos Nobre & Maurício de Carvalho Amazonas (orgs.), *Desenvolvimento sustentável: a institucionalização de um conceito*, Parte II (Brasília: Editora do Ibama, 2002); Charles C. Mueller, *Os economistas e as relações entre o sistema econômico e o meio ambiente* (Brasília: Editora da UnB/Finatec, 2007).

¹⁷⁶ Harold Hotelling, “The Economics of Exhaustible Resources”, em *Journal of Political Economy*, 39 (2), abril de 1931.

¹⁷⁷ Mauricio de Carvalho Amazonas, “Desenvolvimento sustentável e teoria econômica”, cit., p. 127-129.

detrimento de outra. Essa posição está intimamente ligada à posição de que o que deve ser mantido constante são os fatores do processo produtivo, ou seja, as diferentes formas de capital. Essas duas posições passaram a ser conhecidas como sustentabilidade fraca, que tem o prêmio Nobel Robert Solow¹⁷⁸ como principal expoente, e sustentabilidade forte, posição de que o que deve ser mantido constante é o estoque de capital natural, que tem David W. Pearce como expoente.¹⁷⁹

Como foi discutido em “Pessimismo da razão”, na seção “Escassez e crescimento”, para Solow, o que deve ser mantido, pelo menos constante ou crescente ao longo do tempo, é o consumo *per capita*. Esse critério está associado à manutenção da capacidade produtiva da economia, ou seja, a soma das três formas de capital – manufaturado, humano (trabalho) e natural. É necessário, para tanto, que as rendas provenientes do uso dos recursos exauríveis sejam reinvestidas principalmente em capital manufaturado. Tal raciocínio pressupõe a substituição entre esses fatores de produção, levando à conclusão de que, no limite, não há problema em esgotar o capital natural, contanto que isso seja compensado pelo acréscimo do capital manufaturado e/ou do capital humano. Pressupõe também progresso técnico poupador de recursos.

Como mostrou Georgescu,¹⁸⁰ parece irrealista acreditar que o aumento da eficiência energética, exemplo de progresso técnico poupador de recursos, possa suplantar o escasseamento dos combustíveis fósseis e a inacessibilidade do recurso. O pressuposto de que capital natural e capital manufaturado são substituíveis é problemático, pois o capital manufaturado tem origem física no capital natural. A relação entre eles no processo produtivo é de complementaridade.

Para David W. Pearce e Kerry Turner, o critério de manter o capital total constante é inadequado, e por isso o critério de sustentabilidade deveria ser o da transferência de um estoque de capital natural constante para as gerações futuras. Mas isso só pode ser aplicado aos recursos renováveis, que podem se manter no tempo se a taxa de sua extração não for maior que a taxa de sua

¹⁷⁸ Robert Solow, “The Economics of Resources or the Resources of Economics”, em *American Economic Review*, 64 (2), 1974, pp. 1-14; Robert Solow, “An Almost Practical Step toward Sustainability”, em *Resources Policy*, 19 (3), setembro de 1993, pp. 162-172.

¹⁷⁹ David W. Pearce, *Economic Values and the Natural World* (Cambridge: MIT Press, 1993).

¹⁸⁰ Nicholas Georgescu-Roegen, “Energy and Economic Myths”, em Nicholas Georgescu-Roegen, *Energy and Economic Myths: Institutional and Analytical Economic Essays* (Nova York: Permagon Press, 1976), pp. 3-36.

regeneração e se a produção de resíduos mantiver-se abaixo da capacidade de assimilação do ambiente. Recursos exauríveis, ou não renováveis, não podem ter seus estoques mantidos se são usados.¹⁸¹

No caso dos recursos renováveis, o critério de manter o capital natural constante pode ser incluído como uma restrição no cálculo de otimização neoclássica. No caso dos recursos não renováveis, o mesmo critério leva a uma incompatibilidade com a otimização neoclássica, pois, como o estoque a ser mantido é o existente, não sobra espaço para a determinação de algum estoque ótimo a partir das preferências individuais.¹⁸²

Todavia, ambos os critérios de sustentabilidade, fraca ou forte, são incongruentes com a realidade biofísica. A sustentabilidade fraca se apoia nas suposições de progresso técnico sem limites e de substituição de capital natural por capital manufaturado. A sustentabilidade forte enfrenta dificuldades no que diz respeito aos recursos exauríveis, pois, dada a irreversibilidade no uso desses recursos, não é possível manter seus estoques.

Além disso, se a manutenção do capital natural é entendida como uma quantidade intacta, como fica a questão da qualidade desse capital natural? Imagine que a quantidade de árvores num território se mantém constante, mas há uma substituição da diversidade de árvores nativas (crescimento lento) por simples plantação homogênea com intuito de se produzir lenha ou celulose (crescimento rápido). Ainda que a função de prover recursos aumentasse, a função de suporte à vida do capital natural diminuiria.¹⁸³

O que caracteriza as duas abordagens é a definição de sustentabilidade como alguma constância. Se, ao contrário, a sustentabilidade fosse entendida como a utilização dos recursos mais adequada à sobrevivência da espécie humana, ter-se-ia que definir critérios biofísicos para isso. Ao contrário de estudar tais condições biofísicas, os economistas fizeram de tudo para defender que o crescimento econômico não encontra nenhuma limitação natural. E por causa das crescentes preocupações ambientais, passaram a defender a possibilidade de compatibilizar crescimento econômico com conservação da natureza.

Na década de 1990, um trabalho empírico conferiu novo *status* ao crescimento econômico ao considerar que este seria benéfico ao meio ambiente a partir de

¹⁸¹ David W. Pearce & R. Kerry Turner, *Economics of Natural Resources and the Environment* (Nova York: Harvester Wheatsheaf, 1990).

¹⁸² Mauricio de Carvalho Amazonas, "Desenvolvimento sustentável e teoria econômica", cit., p. 141.

¹⁸³ Philip A. Lawn, *Frontier issues in Ecological Economics* (Cheltenham: Edward Elgar, 2007), p. 57.

certo nível de riqueza aferida pela renda *per capita*. Gene M. Grossman e Alan B. Krueger¹⁸⁴ lançaram, em 1995, tal conjectura ao examinarem a relação entre o comportamento da renda *per capita* e quatro tipos de indicadores de deterioração ambiental: poluição atmosférica urbana, oxigenação de bacias hidrográficas e duas de suas contaminações (fecal e metais pesados). Segundo os autores, há uma forte tendência de os níveis de poluição aumentarem durante o período inicial de crescimento econômico, mas caírem gradativamente à medida que os países vão se tornando mais ricos. Em suma, é a ideia de que o crescimento inicial degrada o meio ambiente, porém a continuidade do crescimento resolve os problemas ambientais.

Esse modelo, que ficou conhecido como curva de Kuznets ambiental¹⁸⁵ ou U invertido, tem sofrido, no entanto, severas críticas¹⁸⁶, sobretudo aquelas que apontam insuficiência metodológica e a fraca previsibilidade de resultados, se aplicado aos inúmeros países que ficaram de fora da pesquisa original, diga-se mais de 97% do planeta. Além disso, os problemas ambientais globais não foram contemplados nesse modelo. A utilização de recursos fósseis e as emissões de gases de efeito estufa tendem a aumentar com o crescimento econômico.

O raciocínio apenas em âmbito monetário mostra que mesmo a economia ambiental neoclássica continua sendo crematística (conceito aristotélico que trata do estudo da formação dos preços nos mercados). Aristóteles em sua obra *Política* distinguiu esse estudo da economia, definindo-o como o estudo do abastecimento material da casa, ou da cidade. Aristóteles não usou a palavra ecologia, mas, para ele, a economia estava relacionada ao estudo do uso de energia e materiais nos ecossistemas onde vivem os seres humanos.

¹⁸⁴ Gene M. Grossman & Alan B. Krueger, “Economic Growth and the Environment”, em *Quarterly Journal of Economics*, 110 (2), 1995.

¹⁸⁵ Simon Smith Kuznets, Wilbert E. Moore e Joseph J. Spengler lançaram a hipótese de que a relação entre o PIB *per capita* e a desigualdade de renda tem formato de “U” invertido no gráfico. Haveria uma fase inicial em que a desigualdade de renda aumentaria junto com o aumento do PIB *per capita*. A partir de certo patamar de PIB *per capita*, novos aumentos diminuiriam a desigualdade de renda. É a ideia de que é preciso “crescer o bolo” antes de dividi-lo. (Simon Smith Kuznets, Wilbert E. Moore e Joseph J. Spengler, *Economic growth: Brazil, India, Japan*, Durham: Duke University Press, 1955).

¹⁸⁶ David I. Stern, Michael S. Common, and Edward. B. Barbier. “Economic growth and environmental degradation: the environmental Kuznets curve and sustainable development”. *World Development*, n. 24, 1996, pp. 1151-1160. Para um amplo levantamento das críticas metodológicas e teóricas ao modelo veja David I. Stern, “The Environmental Kuznets Curve”. *Internet Encyclopaedia of Ecological Economics*, Junho de 2003 <http://www.ecoeco.org/pdf/stern.pdf>

Todavia, a economia foi se tornando cada vez mais crematística, passando a se preocupar apenas com o estudo das transações de mercado.¹⁸⁷

Na verdade, a economia só conseguiu se tornar uma ciência devido à redução do seu objeto de pesquisa, o sistema econômico. Um sistema composto apenas de objetos produzíveis, que possam ser apropriados e valorados. Por isso, a vertente ambiental da economia neoclássica é uma tentativa de expandir a economia para um campo que não é o seu. Assim, o tratamento dos problemas relacionados aos recursos naturais e ao meio ambiente com base no aparato teórico convencional apresenta um impasse epistemológico. Não é possível passar da escala individual tratada pela teoria neoclássica para a escala da espécie humana e do horizonte temporal pertinente ao indivíduo para o horizonte pertinente à espécie humana sem mudar o arcabouço conceitual.¹⁸⁸

Economia ecológica

A economia ecológica foi institucionalizada com o estabelecimento da Sociedade Internacional de Economia Ecológica (International Society for Ecological Economics – ISEE) em 1989 e com o periódico *Ecological Economics* cujo primeiro número surgiu em 1989. Desde então um amplo espectro de tópicos de pesquisa tem sido apresentado na revista. A observação mais básica desse campo de pesquisa é que a economia humana está incrustada na natureza e que os processos econômicos devem ser vistos também como processos de transformação biológica, física e química.

Entre o final do século XIX e o começo do século XX, alguns autores isoladamente aplicaram a termodinâmica para entender a agricultura e o processo econômico como um todo. Sergei Podolinsky¹⁸⁹, analisando a comida do ponto de vista energético e sua relação com o trabalho humano, pretendia substituir o trabalho pela energia com base na teoria do valor de Karl Marx.

Frederick Soddy, prêmio Nobel em 1921 por suas contribuições à química e à teoria da estrutura atômica, tentou mostrar que a noção de riqueza com que os

¹⁸⁷ Juan Martínez-Alier, “Economía y ecología: cuestiones fundamentales”, em *Pensamiento Iberoamericano*, nº 12, 1987, pp. 41-60.

¹⁸⁸ José Manuel Naredo, “Qué pueden hacer los economistas para ocuparse de los recursos naturales? Desde el sistema económico hacia la economía de los sistemas”, em *Pensamiento Iberoamericano*, nº 12, julho-dezembro de 1987, pp. 61-74.

¹⁸⁹ Juan Martínez-Alier e José Manuel Naredo. “A Marxist precursor of energy economics: Podolinsky”, *Journal of Peasant Studies*, n. 9, 1982.

economistas trabalham é virtual, pois não representa uma realidade física. Referia-se à contabilização monetária da riqueza e de seu crescimento através da mágica dos juros compostos. Para Soddy, isso claramente estava em desacordo com as leis da termodinâmica. Ambos, Podolinsky e Soddy, são exemplos de precursores no tipo de estudo que interessa à economia ecológica, os quais caíram no esquecimento.¹⁹⁰

Assim, a consolidação do que hoje é chamado de economia ecológica deve tributo às contribuições independentes de Kenneth E. Boulding, Nicholas Georgescu-Roegen, Herman E. Daly e Robert U. Ayres e Allen Kneese, na década de 1960, ainda que a expressão economia ecológica não tenha sido usada por eles na época.

A contribuição de Georgescu e a importância da lei da entropia para a economia ecológica foram objeto de importantes debates na primeira década do periódico *Ecological Economics*.¹⁹¹ É certo que alguns economistas ecológicos foram bastante influenciados por Georgescu. O caso mais notório é de Daly, possivelmente o economista ecológico mais famoso atualmente e ex-aluno de Georgescu. Foi ele quem organizou, em 1997, um número especial da *Ecological Economics* em homenagem a Georgescu.¹⁹²

Herman E. Daly é professor da Escola de Políticas Públicas da Universidade de Maryland, nos Estados Unidos. Foi economista sênior do Departamento de Meio Ambiente do Banco Mundial de 1988 a 1994 e uma das figuras-chave na fundação da ISEE. Em 1967, concluiu o doutorado na Universidade de Vanderbilt, onde teve contato direto com Georgescu. Em 1968, escreveu o importante artigo “On Economics as a Life Science”.¹⁹³ Nesse artigo, Daly já

¹⁹⁰ Juan Martínez-Alier, “Economía y ecología”, cit.

¹⁹¹ Robert U. Ayres, “Eco-Thermodynamics: Economics and the Second Law”, em *Ecological Economics*, 26 (2), 1998, pp. 189-209; Robert U. Ayres, “The Second Law, the Fourth Law, Recycling and Limits to Growth”, em *Ecological Economics*, 29 (3), 1999, pp. 473-83; Carlo Bianciardi, Enzo Tiezzi, Sergio Ulgiati, “Complete Recycling of Matter in the Frameworks of Physics, Biology and Ecological Economics”, em *Ecological Economics*, 8 (1), 1993, pp. 1-5, 1993; Elias L. Khalil, “Entropy Law and Exhaustion of Natural Resources: Is Nicholas Georgescu-Roegen’s Paradigm Defensible?”, em *Ecological Economics*, 2 (2), junho de 1990, pp. 163-178; Elias L. Khalil, “Entropy law and Nicholas Georgescu-Roegen’s paradigm: a Reply”, em *Ecological Economics*, 3 (2), julho de 1991, pp. 161-163; Philip A. Lawn, “On Georgescu-Roegen’s contribution to ecological economics”, em *Ecological Economics*, 29 (1), 1999, pp. 5-8; Gabriel A. Lozada, “A Defense of Nicholas Georgescu-Roegen’s Paradigm”, em *Ecological Economics*, 3 (2), 1991, pp. 157-160; Gabriel A. Lozada, “Georgescu-Roegen’s Defense of Classical Thermodynamics Revisited”, em *Ecological Economics*, 14 (1), pp. 31-44, 1995; Martin O’Connor, “Entropy, Structure, and Organisational Change”, em *Ecological Economics*, 3 (2), 1991, pp. 95-122.

¹⁹² Herman E. Daly, *Ecological Economics*, edição especial, 22 (3), setembro de 1997.

¹⁹³ Herman E. Daly, “On Economics as a Life Science”, em *Journal of Political Economy*, 76 (3), maio-jun. de 1968.

havia percebido que as ciências naturais, juntamente com as observações do dia a dia, provavam que a economia humana é um subconjunto de um sistema biótico maior. Há mais de três décadas, ele argumenta que a capacidade de carga do planeta, a poluição, a degradação do solo, a extinção de espécies, a perda de ecossistemas inteiros e a mudança climática mostram que os limites ecológicos estão convertendo o crescimento econômico em crescimento antieconômico.

Paradoxalmente, a economia que se preocupa com o crescimento econômico tem sido muito materialista, e não materialista o suficiente, segundo Daly.¹⁹⁴ Ao ignorar as leis da termodinâmica, não tem sido nem um pouco materialista. E, ao ignorar a preocupação com as gerações futuras e com as vidas não humanas e as desigualdades na distribuição da riqueza, a economia tem sido excessivamente materialista.

Tal paradoxo se explicaria pela visão incompleta que os economistas têm do espectro meios-fins. Para Daly, de um lado, a natureza limita a atividade econômica no que diz respeito à capacidade de lhe prover recursos materiais primários e assimilar seus resíduos. Esse é um dos extremos do espectro e diz respeito aos meios. No outro extremo, são os valores e a ética da sociedade que limitam a atividade econômica. São os limites relacionados aos fins do processo. Assim, os valores e a ética da sociedade limitam a insaciabilidade por mais riqueza, enquanto os recursos naturais e os serviços prestados pela natureza limitam materialmente a expansão da atividade econômica. Todavia, os limites absolutos, por estarem nos extremos do espectro, estão fora do paradigma dos economistas.

Para Daly, o paradigma contemporâneo na economia é da *growthmania*, ou da mania de crescimento econômico, pois a resposta para os problemas de pobreza, desemprego, poluição e até mesmo de escasseamento dos recursos estaria no crescimento. O termo *growthmania* foi utilizado pelo pioneiro Ezra J. Mishan num livro dedicado aos custos sociais do crescimento econômico.¹⁹⁵

Nesse livro, Mishan discute o hiato entre a afluência material das sociedades e o bem-estar e a felicidade humana. Muitas das coisas que contribuem para o bem-estar não passam pelos mercados. Para Mishan, o crescimento das sociedades afluentes gera desamenidades não mercantis em proporção maior

¹⁹⁴ Herman E. Daly, "Entropy, Growth, and the Political Economy of Scarcity", em Vincent Kerry Smith, *Scarcity and Growth reconsidered* (Baltimore: John Hopkins University Press, 1979), pp. 67-94.

¹⁹⁵ Ezra J. Mishan, *The Costs of Economic Growth* (Londres: Staple Press, 1967).

que o crescimento do bem-estar. Em 1950, Karl William Kapp¹⁹⁶ já chamava a atenção dos economistas para o fato de a atividade econômica gerar custos sociais que não são computados nem têm valor monetário. Tais custos não são externalidades, mas, sim, inerentes à economia da empresa privada que repassa constantemente custos para toda a sociedade.

Daly também não relaciona crescimento material generalizado com aumento da felicidade e bem-estar. Ao incorporar as leis da termodinâmica, seguindo seu mestre Georgescu, e levar em consideração a tradição de crítica social ao crescimento generalizado, retomou uma ideia antiga como solução para o impasse ecológico: a condição estacionária (CE). Essa ideia foi criticada por Georgescu por não ter ido até o limite das consequências no raciocínio sobre a entropia e por representar um mito de salvação ecológica (veja crítica também mencionada em “Pessimismo da razão”, na seção “Condição estacionária”).

No entanto, Herman E. Daly e Kenneth N. Townsend¹⁹⁷ não veem na CE uma salvação ecológica, pois admitem a impossibilidade de duração infinita. Nem mesmo uma economia declinante poderia escapar do aniquilamento. Baseados na suposição de que a empreitada humana e a atividade econômica terão um fim, ambos entendem a CE como uma estratégia para prolongar a permanência da espécie humana neste planeta. Trata-se, portanto, de um compromisso moral com a longevidade da humanidade.

Mesmo sabendo de seu caráter provisório, para Daly e Townsend, a transição para uma condição estacionária é importante como meta para quem está preocupado com a sustentabilidade ambiental do desenvolvimento (que não é igual ao crescimento). Ainda que por motivos diferentes, alguns autores como Mancur Olson e James O'Connor se mostraram céticos quanto à capacidade de um sistema democrático e capitalista atingir essa meta. Argumentam que uma economia de crescimento lento ou em estado estacionário é inconsistente com o capitalismo de mercado¹⁹⁸ e que apenas um regime autoritário poderia impor e manter as restrições ambientais defendidas pelos economistas ecológicos¹⁹⁹. No entanto, Philip A. Lawn²⁰⁰ defende que uma economia em

¹⁹⁶ Karl William Kapp, *The Social Costs of Private Enterprise* (Cambridge: Harvard University Press, 1950).

¹⁹⁷ Herman E. Daly & Kenneth N. Townsend (orgs), *Valuing the Earth: Economics, Ecology, Ethics* (Boston: MIT Press, 1993), p. 378.

¹⁹⁸ James O'Connor, 'Is sustainable capitalism possible?', em Martin O'Connor (ed.), *Political Economy and the Politics of Ecology*, (New York: Guilford Press, 1994), pp. 152–75.

¹⁹⁹ Mancur Olson, 'Introduction', em Mancur Olson and H. Landsberg (eds), *The No-Growth Society*, (New York: W.W. Norton, 1973), pp. 1–13.

estado estacionário e um sistema democrático-capitalista são inteiramente compatíveis. Para ele, a maior ameaça à democracia, ao capitalismo e à paz internacional é a mania de crescimento.

Contudo, aqui não será discutida a compatibilidade ou não da condição estacionária com o capitalismo e a democracia, mas apenas apontadas algumas restrições e políticas exigidas para uma eventual transição. Em artigo, Daly não utiliza mais a expressão condição estacionária. Fala sim de economia sustentável, em que o que deve ser sustentado é a “capacidade do meio ambiente de suprir cada recurso natural e absorver os produtos finais descartados”.²⁰¹ Propõe os seguintes ajustes necessários na política econômica, para que a economia opere de modo sustentável ambientalmente:

- 1) Transição demográfica dos bens, ou seja, taxas de produção iguais às taxas de depreciação, em níveis baixos. Isso significa estender a vida útil dos produtos.
- 2) Melhoras qualitativas e aumentos de eficiência, sem aumentar a quantidade de materiais processados.
- 3) Banir o comércio livre enquanto coexistirem países que tentam internalizar os custos ambientais nas decisões econômicas e países que praticam preços inferiores por não pagarem os custos ambientais.
- 4) Mudar o alvo dos impostos da renda auferida por trabalhadores e empresas para o fluxo produtivo, de preferência no ponto em que os recursos são apropriados da biosfera.

É claro que tais ajustes são impensáveis se organismos multilaterais como o Banco Mundial continuarem a ignorar as íntimas relações entre os sistemas econômicos e os sistemas ambientais. Por isso, na saída do cargo que ocupava no Banco Mundial, em 1994, Daly²⁰² fez um discurso em que aconselhava que fosse adotada uma postura fomentadora do desenvolvimento ambientalmente sustentável. Alguns dos conselhos foram:

²⁰⁰ Philip A. Lawn, “Is a steady-state economy compatible with a democratic capitalist system?”, em Philip A. Lawn, *Frontier Issues in Ecological Economics*, cit. pp. 335-343.

²⁰¹ Herman E. Daly, “Sustentabilidade em um mundo lotado”, em *Scientific American Brasil*, n. 41, outubro de 2005, p. 95.

²⁰² Herman E. Daly, *Beyond Growth: the Economics of Sustainable Development* (San Francisco: Freeman, 1997), pp. 88-93.

- 1) Parar de contabilizar o consumo de capital natural como renda, para evitar que o banco financie projetos de desenvolvimento ambientalmente insustentáveis. Em vez de ser contada como renda advinda do comércio internacional, a exportação de petróleo e madeira, por exemplo, deve passar a ser vista como transferência de capital.
- 2) Insistir para que se taxe menos o trabalho e a renda, e mais a extração de energia, materiais e a poluição.
- 3) Fomentar o investimento no aumento do capital natural, pois em muitos lugares é ele o fator limitante da produção, e não mais o trabalho ou o capital manufaturado.
- 4) Atender aos interesses de seus membros, os estados nacionais, e não das empresas multinacionais.

A mensagem de Daly é clara. Contudo, as perdas de recursos naturais e funções ecológicas continuarão a ser mascaradas pelas contabilidades nacionais e pela mística do produto interno bruto (PIB) durante algum tempo, e desse modo será difícil evitar o desastre, que ocorrerá mais cedo ou mais tarde.

Abismo epistemológico

Georgescu morreu em 1994 sem ter suas críticas aos modelos de Robert Solow e Joseph E. Stiglitz respondidas. Por isso, ambos foram chamados a respondê-las na edição especial da *Ecological Economics*, em 1997, principalmente com o esforço de Daly. O fórum “Georgescu-Roegen versus Solow/Stiglitz” reuniu diversos economistas, em que o tema central era a questão da substitutibilidade entre recursos naturais e capital manufaturado. Solow²⁰³ não encarou as questões levantadas por Daly, dando respostas extremamente curtas e evitando o confronto, como se seu desejo fosse de que a crítica de Georgescu nunca tivesse sido feita. Stiglitz²⁰⁴ respondeu dizendo que, a médio prazo, existe a possibilidade de substituir recursos naturais por capital sim e que, para o economista, o longo prazo é daqui a cinquenta anos.

²⁰³ Robert Solow, “Georgescu versus Solow/Stiglitz”. Em *Ecological Economics*, 22 (3), 1997.

²⁰⁴ Joseph E. Stiglitz, “Georgescu versus Solow/Stiglitz”, em *Ecological Economics*, 22 (3), setembro de 1997, pp. 269-270.

O papel dos modelos analíticos é de responder questões de médio prazo do tipo: é possível o crescimento ser sustentado pelos próximos cinquenta, sessenta anos?.

Aqui se esbarra na própria ideia de economia como ciência, pois o dinheiro é a unidade que permite agregar os fatores de características distintas e mostrar que os recursos naturais podem ter uma importância pequena relativamente aos outros fatores. Esse anátema tem como origem a representação do sistema econômico como um sistema fechado. E, quando se introduz o fator recursos naturais, o dinheiro aparece como qualquer outro insumo, circulando dentro da economia como mais um valor monetário. Especificando mais ainda o papel dos modelos analíticos, eles pretendem responder se o crescimento na produção de bens e serviços com valores monetários pode se sustentar no tempo.

Georgescu e os economistas ecológicos estão preocupados com os limites biofísicos ao crescimento da produção e do consumo material e com a capacidade de absorção e assimilação dos resíduos pela natureza. Os economistas que se preocupam com a sustentabilidade querem saber se a renda nacional (em valores monetários), que inclui tanto a produção material quanto os serviços imateriais em proporções não fixas, pode continuar a crescer mesmo que alguns insumos sejam exauríveis.

Todavia, não é possível imaginar uma economia aumentando em escala, em tamanho, com uma entrada quase nula de recursos naturais. Pelo contrário, quanto mais a escala da economia aumenta, mais energia e matéria são necessárias para manter os fundos de capital e força de trabalho. Se os modelos de Solow e Stiglitz são fórmulas matemáticas que guardam relação fantasiosa com o mundo físico real em que vivemos, eles simplesmente refletem a visão do processo econômico como algo fechado em que circulam bens e fatores de produção, tratados todos da mesma maneira: como insumos substituíveis.

A sustentabilidade ambiental da China, por exemplo, se apresenta como um objeto de estudo perfeito para a economia ecológica. Análises do metabolismo social da China permitem enxergar o que de fato acontece com aquela economia e desse modo estabelecer uma comparação com análises econômicas mais convencionais. Com base no esquema 'fundo-fluxo' de Georgescu (mencionado em "Outro paradigma", na seção "Sobre o processo produtivo"), percebe-se claramente a expansão contínua do consumo

exossomático (tema abordado em “Outro paradigma”, na seção “Entropia e atividade econômica”) de energia.

No período entre 1980 e 2002, os otimistas defensores da hipótese de desmaterialização ou da curva de Kuznets ambiental argumentariam que a China é um claro exemplo de desmaterialização de energia. A hipótese subjacente é que a depleção de recursos tende a cair à medida que aumenta a renda. De fato, a intensidade de energia, quantidade de energia por dólar do PIB, diminuiu nesse período. Contudo, no mesmo período, o total de energia (em Joules) utilizado ao ano na economia mais que dobrou, com um aumento médio de 3% ao ano.²⁰⁵

A economia ecológica defende que a partir de certo ponto (desconhecido) o crescimento deixa de ser benéfico e passa a comprometer seriamente a possibilidade de que as gerações futuras usufruam qualidade de vida semelhante a da geração atual. É justamente essa ênfase na questão da escala, do tamanho físico da economia em relação à ecossistêmica que diferencia a economia ecológica. Tanto é que algumas das perguntas fundamentais dessa corrente são: quão grande é o tamanho do subsistema econômico em relação à ecossistêmica? Quão grande poderia ser, ou seja, qual a sua escala máxima? Há uma escala ótima a partir da qual os custos adicionais do crescimento da economia começam a superar os ganhos no que diz respeito ao bem-estar?

Se a economia crescesse no vácuo, tais perguntas não fariam o menor sentido. Mas, como ela cresce num sistema finito e não crescente, há um custo para tal crescimento. O custo advém do fato de a economia ser um sistema dissipativo, sustentado por um fluxo metabólico. Tal fluxo tem início com a utilização e consequente escasseamento dos recursos naturais e termina com o retorno da poluição ao ambiente. Escasseamento e poluição não são bens econômicos. Estão mais para mal do que para bem, pois a economia em crescimento degrada as fontes de recursos e os sorvedouros de resíduos, que são a base material que sustenta a atividade humana. Tais custos ecológicos associados ao aumento da escala do sistema econômico não são computados pelas contabilidades nacionais, nem são passíveis de valoração monetária. Mas, se

²⁰⁵ Jesus Ramos-Martin, Mario Giampietro e Kozo Mayumi, “On China’s Exosomatic Energy Metabolism: an Application of Multi-Scale Integrated Analysis of Societal Metabolism”, em *Ecological Economics*, 63 (1), 2007, pp. 174-191.

forem maiores que os benefícios gerados pelo crescimento, este estará sendo antieconômico.

A economia ecológica leva em conta todos os custos (não apenas os monetários) do crescimento da produção material. É inteiramente cética sobre a possibilidade de crescimento por tempo indeterminado, e mais ainda quanto à ilusão de que o crescimento possa ser a solução para os problemas ecológicos. Daí o anátema da economia convencional pela ecológica.

Georgescu nunca usou a expressão economia ecológica e não fazia nenhuma militância ambientalista, mas suas contribuições representam a linha demarcatória entre o que pode ser considerado economia ecológica e as vertentes ambientais da economia convencional. Há, contudo, economistas ecológicos que não consideram Georgescu um precursor e há quem considere que suas contribuições podem ser absorvidas pela economia ambiental neoclássica.

Robert Constanza, ex-presidente da ISEE e autor de alguns livros-texto de economia ecológica, escreveu artigo sobre a história da economia ecológica e da ISEE.²⁰⁶ Curiosamente, no primeiro parágrafo ele atribui o interesse de juntar economia com ecologia aos trabalhos de Boulding e Daly, mas sequer cita Georgescu. Sabe-se que a principal influência de Constanza foi Howard T. Odum e a escola energética. Georgescu, por sua vez, foi um crítico severo das conclusões tiradas por essa escola e demonstrou que uma prova matemática de Constanza era na verdade uma grande manobra (crítica já mencionada em “Pessimismo da razão”, na seção “Teoria do valor energético”).²⁰⁷

Por outro lado, Charles Perrings,²⁰⁸ economista australiano e também ex-presidente da ISEE, considera que a contribuição de Georgescu não se restringe à economia ecológica e que poderia ser absorvida pela economia ambiental neoclássica. Perrings vem se dedicando nos últimos anos ao Beijer Institute of Ecological Economics da Real Academia de Ciências da Suécia. O Beijer é uma instituição de pesquisa que congrega economistas e ecólogos para o estudo da interação entre sistemas sociais e institucionais e sistemas ambientais.

²⁰⁶ Robert Constanza, “The Early History of Ecological Economics and the International Society for Ecological Economics (ISEE)”, em *International Society for Ecological Economics: Internet Encyclopaedia of Ecological Economics*, abril de 2003, disponível em <https://www.ecoeco.org/pdf/costanza.pdf>.

²⁰⁷ Nicholas Georgescu-Roegen, “The Entropy Law and the Economic Process in Retrospect”, em *Eastern Economic Journal*, 12 (1), 1986, pp. 3-25.

²⁰⁸ Charles Perrings, *Economy and Environment: a Theoretical Essay on the Interdependence of Economic and Environmental Systems* (Cambridge: Cambridge University Press, 1987).

Convidado a se manifestar no fórum “Georgescu-Roegen versus Solow/Stiglitz”, Perrings²⁰⁹ considerou que a importância de Georgescu não está tanto na ênfase de não-substituição entre fatores, mas, sim, na ideia de irreversibilidade. O reconhecimento da irreversibilidade das transformações materiais seria sua mais importante contribuição. Sua abordagem permitiu que os efeitos irreversíveis fossem vistos como uma classe de problemas muito mais ampla do que anteriormente se imaginava. Muitas transformações materiais são irreversíveis do ponto de vista prático, mesmo que não sejam irreversíveis em teoria. Isso quer dizer que, do ponto de vista econômico, não importa que um processo possa ser reversível, contanto que haja energia e tempo quase infinitos.

Perrings considera que haja pouco em seu livro que não possa ser destilado de uma leitura atenta dos trabalhos de Georgescu.²¹⁰ Segundo resenha de Daly,²¹¹ poucos economistas entenderam a grandiosa importância de Georgescu e Perrings merece muito crédito por tê-lo reconhecido. Em sua obra, Perrings pretende analisar as relações da produção econômica com o meio ambiente do ponto de vista quantitativo, atentando para restrições da termodinâmica.

John M. Gowdy, presidente eleito da ISEE para o período 2009-2010, foi bastante influenciado por Georgescu. Gowdy²¹² organizou com Kozo Mayumi um livro em sua homenagem e já escreveu muitos artigos explorando seus *insights*, não apenas de sua teoria da produção mas também de sua teoria do consumidor.

Gowdy²¹³ é um entusiasta de sua abordagem para o consumo e a escolha. Considera que ela fornece importantes instrumentos para uma teoria da escolha econômico-ecológica. Os axiomas da teoria da escolha do consumidor são inconsistentes com a evolução das preferências ao longo do tempo e com o ordenamento das vontades humanas. Níveis diferentes de necessidades têm

²⁰⁹ Charles Perrings, “Georgescu-Roegen and the ‘irreversibility’ of material processes”, em *Ecological Economics*, 22 (3), 1997.

²¹⁰ Charles Perrings, *Economy and Environment*, cit.

²¹¹ Herman E. Daly, [Book Review of]: “Economy and Environment: A Theoretical Essay on the Interdependence of Economic and Environmental Systems”, em *The Economic Journal*, 98 (392), setembro de 1988.

²¹² Kozo Mayumi & John M. Gowdy, *Bioeconomics and Sustainability: Essays in Honor of Nicholas Georgescu-Roegen* (Cheltenham: Edward Elgar, 1999).

²¹³ John M. Gowdy, “Georgescu-Roegen’s Utility Theory Applied to Environmental Economics”, em Joseph C. Dragan, Eberhard K. Seifert e Mihai C. Demetrescu (orgs.), *Entropy and Bioeconomics* (Milão: Nagard, 1993); John M. Gowdy & Kozo Mayumi, “Reformulating the Foundations of Consumer Choice Theory and Environmental Valuation”, em *Ecological Economics*, 39 (2), 2001, pp. 223-237.

níveis diferentes de importância para as pessoas. Só depois que certas necessidades básicas são satisfeitas é que aparece um desejo mais elevado na escala de vontades. Trata-se do princípio da subordinação de vontades de Georgescu (abordado em “Outro paradigma”, seção “A formação de Georgescu”).²¹⁴

O individualismo metodológico da teoria do consumidor neoclássica ignora sistematicamente a natureza hierárquica dos sistemas sociais e ecológicos. Uma das maiores falhas da teoria neoclássica é tratar todo valor como valor de troca no mercado, ignorando a base biológica da existência humana. Para essa teoria, as necessidades biológicas são indistinguíveis das mercadorias que o consumidor escolhe. Todavia, as pessoas não querem necessariamente substituir um objeto de utilidade por outro. As observações do dia a dia mostram que o pão não pode evitar que alguém morra de sede e que morar num palácio luxuoso não pode substituir a comida.

Georgescu chamou a atenção para esse fato e o chamou de princípio da irreducibilidade. Apesar de não ter tratado a questão ambiental do ponto de vista do consumidor, sua abordagem para a escolha é mais consistente com a realidade. Ajuda a entender porque muitas pessoas se recusam a escolher entre a biodiversidade e os bens de mercado e porque consideram que a preservação de espécies em extinção, por exemplo, não deve ser determinada por quanto de dinheiro pode ser gasto.

Não é de espantar que seus escritos mais antigos, dedicados ao comportamento do consumidor, estejam sendo recuperados por autores da economia ecológica, interessados em fundamentos mais realistas para uma teoria da escolha. Uma teoria do consumidor heterodoxa e que alguns chamam de pós-keynesiana pode ser representada por princípios cujos termos foram utilizados pioneiramente por Georgescu.²¹⁵

²¹⁴ Nicholas Georgescu-Roegen, “Choice, Expectations, and Measurability”, em *Quarterly Journal of Economics*, 68 (4), novembro de 1954, pp. 503-534.

²¹⁵ John M. Gowdy, “Bioeconomics and Post Keynesian Economics: a Search for Common Ground”, em *Ecological Economics*, 3 (1), 1991, pp. 77-87; John M. Gowdy, “Georgescu-Roegen’s Utility Theory Applied to Environmental Economics”, em J. C. Dragan, E. K. Seifert & M. C. Demetrescu (orgs.), *Entropy and Bioeconomics* (Milão: Nagard, 1993); John M. Gowdy & Kozo Mayumi, “Reformulating the Foundations of Consumer Choice Theory and Environmental Valuation”, cit.; Marc Lavoie, “A Post Keynesian Theory of Consumer Choice”, em *Journal of Post Keynesian Economics*, 16 (4), 1994, pp. 539-562; Marc Lavoie, “Post-Keynesian Consumer Choice Theory for the Economics of Sustainable Forest Management”, em Shashi

Desde o início da carreira, Georgescu se preocupou com a questão da natureza do valor econômico, rejeitando simplificações e explicações de mão única. Desde a mesma época, percebeu que os fenômenos econômicos são irreversíveis, mesmo aqueles ligados a escolha, pois o bem-estar não é uma quantidade, mas um fluxo que segue o fluxo do tempo. A economia neoclássica, por sua vez, está fora do tempo, por ser mecânica. Além disso, Georgescu nunca esqueceu que consumidores também são seres biológicos e sociais.

Evolução e complexidade

O mecanicismo e o fascínio pelo equilíbrio na economia vêm sustentando um ponto ótimo para o sistema econômico que ignora suas interações com o sistema biótico. E há um sério perigo de o planeta ser danificado de forma irreversível se políticas econômicas continuarem a ignorar tais restrições. Muitos economistas convencionais atentaram para o problema. Todavia, não reconheceram a necessidade de substituir os fundamentos mecanicistas da teoria econômica.

A economia já esqueceu a fonte de metáforas cruciais da qual tirou tanta inspiração teórica durante os séculos XVIII e XIX. Por isso, a exposição do papel das metáforas é importante ao revelar estruturas de pensamento profundamente incrustadas.²¹⁶

Se a metáfora que inspirou a economia moderna foi a da máquina, o reconhecimento dos sistemas econômicos como sistemas constituídos de seres humanos vivos e como partes de ecossistemas que contêm outras formas de vida exige uma abordagem evolucionária. Uma abordagem evolucionária para a economia significa, em primeiro lugar, uma mudança no tipo de questão a ser respondida. Não se trata de saber como, sob certas condições, os recursos econômicos são alocados de maneira ótima ao equilíbrio, dado um estado de preferências individuais, as tecnologias e as condições institucionais. As questões são por que e como mudam o

Kant & Albert R. Berry (orgs.), *Economics, Sustainability, and Natural Resources: Economics of Sustainable Forest Management*, vol. 1 (Berlim: Springer, 2005), pp. 67-90.

²¹⁶ Geoffrey M. Hodgson, *Evolution and Institutions: on Evolutionary Economics and the Evolution of Economics* (Cheltenham: Edward Elgar, 1999), p. 7, tradução livre.

conhecimento, as preferências, as tecnologias e as instituições nos processos históricos e quais são os impactos dessas mudanças numa economia.²¹⁷

Uma mudança fundamental, no ponto de vista da ciência econômica, vem ocorrendo com as pesquisas das chamadas economia da complexidade e economia evolucionária. Não se trata apenas de novas teorias, mas, sim, de uma visão do processo econômico como algo eminentemente fora-do-equilíbrio. Em vez de olhar para um fenômeno de maneira estática e procurando equilíbrio de maneira reducionista, tal mudança implica olhar para processos e propriedades emergentes de maneira mais sistêmica.

Para William Brian Arthur, trata-se de um movimento de longo prazo na ciência. Por trezentos anos os fenômenos a serem estudados foram vistos de cima para baixo. Buscou-se a mecânica causal de como algo funciona. Mas há outra forma de fazer ciência, que é olhar de baixo para cima e perceber como as interações entre elementos de um sistema formam padrões e estruturas. Olhar para elementos que interagem e produzem padrões agregados que fazem os mesmos elementos reagirem. Assim, uma questão crucial é que os elementos criam outros elementos para que possam reagir sobre estes.²¹⁸

Os programas de pesquisa em economia da complexidade e em economia evolucionária são complementares. Enquanto a complexidade foca na auto-organização do sistema econômico a partir da interação de elementos muito diversos, a evolucionária foca nos processos de seleção de algumas variedades em detrimento de outras. Ambas fazem parte de um ponto de vista fora-do-equilíbrio.²¹⁹

Quando se introduz a diversidade na economia, esta fica mais parecida com a biologia moderna do que com a física do século XIX. Ainda que haja enorme divergência entre as abordagens, alguns pensadores da primeira metade do século XX são vistos retrospectivamente como pioneiros da abordagem evolucionária para o processo econômico. Entre eles estão: Thorstein B. Veblen, Joseph A. Schumpeter e Friedrich August von Hayek.

Apesar de ser um terreno bastante controverso, vem ganhando força a ideia de um darwinismo generalizado na economia. Argumenta-se que o sistema

²¹⁷ Ulrich Witt, "Evolutionary Economics", em Steven N. Durlauf & Lawrence E. Blume (orgs.), *The New Palgrave Dictionary of Economics* (2ª ed. Nova York: Palgrave, 2008).

²¹⁸ Robert Delorme & Geoffrey M. Hodgson, "Complexity and the Economy: an Interview with W. Brian Arthur", em John Finch & Magali Orillard, *Complexity and the Economy: Implications for Economic Policy* (Cheltenham: Edward Elgar, 2005).

²¹⁹ John Finch & Magali Orillard, *Complexity and the Economy: Implications for Economic Policy* (Cheltenham: Edward Elgar, 2005).

econômico é um sistema populacional complexo e que por isso pode ser entendido com base nos princípios darwinianos: variação, herança e seleção. Considera-se que, na medida em que há uma população de entidades capazes de serem herdadas, com diferentes capacidades de sobrevivência, ocorrerá evolução do tipo darwiniana. O sistema é complexo, pois envolve uma variedade de entidades que interagem entre si, produzindo resultados não intencionais, e tem propriedades que não correspondem a nenhuma entidade individual.²²⁰

Uma abordagem evolucionária significa, em primeiro lugar, procurar uma explicação de como ocorre a variedade. Segundo, é necessária também uma explicação de como a informação útil, que diz respeito a soluções para problemas adaptativos particulares, é retida e passada adiante (herança). Para que haja retenção de conhecimento útil, é necessário algum mecanismo de replicação das soluções. Finalmente, é necessária uma explicação para o fato de as entidades diferirem em longevidade e fecundidade. Em dados contextos, certas entidades se adaptam mais do que outras, algumas sobrevivem por mais tempo e outras obtêm mais sucesso na produção de descendentes ou cópias. É aqui que entra o princípio da seleção cujo mecanismo possibilita a sobrevivência de algumas variações em vez de outras, reduzindo a variedade. A criação de variedade e a seleção são dois processos diferentes. Criação de variedades tem a ver com inovação, e seleção tem a ver com o teste da inovação no mundo real.

Nesse sentido, a abordagem evolucionária não pode ser acusada de reducionismo biológico, pois não pretende explicar fenômenos sociais com categorias biológicas. Tampouco afirma que os mecanismos de evolução são semelhantes no mundo social e biológico. Não se trata também de analogia, em que a partir de um fenômeno como referência outros fenômenos são comparados àquele. Trata-se do estudo de sistemas evolucionários, em que se enquadram tanto os sistemas econômicos quanto os sistemas biológicos.²²¹

De fato, a revolução de Darwin representou muito mais que uma nova teoria da evolução biológica. Para Ernst Mayr, trata-se de um sistema filosófico que

²²⁰ Geoffrey M. Hodgson & Thorbjørn Knudsen, "Why We Need a Generalized Darwinism: and Why a Generalized Darwinism is Not Enough", em *Journal of Economic Behavior and Organization*, 61 (1), setembro de 2006, pp. 1-19.

²²¹ Eric D. Beinhocker, *The Origin of Wealth: Evolution, Complexity, and the Radical Remaking of Economics* (Boston: Harvard Business School Press/Random House, 2006); Geoffrey M. Hodgson, *Economics in the Shadows of Darwin and Marx: Essays on Institutional and Evolutionary Themes* (Cheltenham: Edward Elgar, 2006); Geoffrey M. Hodgson & Thorbjørn Knudsen, "Why We Need a Generalized Darwinism", cit.

rompe com o pensamento essencialista e tipológico e introduz o pensamento populacional em que a diversidade entre indivíduos é aspecto central.²²²

Um raciocínio evolucionário é importante para a economia por pelo menos quatro motivos: a) sistemas econômicos são sujeitos a desenvolvimentos extremamente rápidos, caracterizados por mudanças qualitativas, estruturais, irreversíveis, e não apresentam nenhuma tendência a um estado estacionário; b) muitos elementos da mudança econômica podem ser entendidos como mudanças na composição de populações de diversos agentes, firmas e tecnologias; c) sistemas econômicos têm a capacidade de aprendizagem e adaptação; d) a evolução na estrutura organizacional da economia é um fenômeno real que envolve ciência, tecnologia, negócios, mercados, sistemas legais, preferência do consumidor e instituições.²²³

Crucial para entender a evolução socioeconômica é a compreensão do papel da inovação, sua emergência e difusão.²²⁴ Uma questão que permanece é a fonte da inovação, se de dentro ou de fora do processo econômico. Como o processo não é fechado, a evolução socioeconômica depende tanto de causas internas quanto das externas. Isso significa que a relação com o ambiente natural e os choques culturais são fundamentais na explicação das mudanças econômicas.²²⁵

Se a economia fosse um sistema fechado, sua característica tenderia a um estado de menos complexidade e menos estrutura ao longo do tempo. Sendo um sistema aberto, é a entrada de baixa entropia que permite que ela fique longe do equilíbrio e mantenha certa organização. Os sistemas isolados sempre têm um estado final previsível. Contudo, os sistemas abertos são bem mais complicados.

A incerteza associada à evolução de sistemas abertos foi assunto bastante discutido por Georgescu.²²⁶ A incerteza se aplica aos casos em que não é

²²² Antes de Darwin, prevalecia um essencialismo tipológico de origem platônica e aristotélica, em que as espécies eram definidas de acordo com algumas características distintivas de alguns indivíduos, que estabeleciam sua essência. Variações em torno do tipo ideal eram consideradas aberrações acidentais. Contudo, no pensamento populacional, as espécies são entendidas em termos de uma distribuição de características. Ernst Mayr. *O desenvolvimento do Pensamento Biológico*. 2a ed. Ed. UnB. Brasília, 1998.

²²³ Jeroen C. J. M. van den Bergh & John M. Gowdy, "The Microfoundations of Macroeconomics: an Evolutionary Perspective", em *Cambridge Journal of Economics*, 27 (1), 2003, pp. 65- 85.

²²⁴ Ulrich Witt, *Evolutionary Economics* (Cheltenham: Edward Elgar, 1993).

²²⁵ Geoffrey M. Hodgson, *Evolution and Institutions*, cit.; Geoffrey M. Hodgson, *Economics in the Shadows of Darwin and Marx*, cit.

²²⁶ Nicholas Georgescu-Roegen, "The Nature of Expectation and Uncertainty", em Nicholas Georgescu-Roegen, *Analytical Economics* (Cambridge: Harvard University Press, 1966);

possível prever o resultado, porque o potencial evento nunca foi observado no passado.²²⁷ Assim, ciências preocupadas com fenômenos evolutivos não podem ser estruturadas a partir de um conjunto pequeno de proposições das quais se deduzem conclusões e se fazem previsões. Georgescu achava que a economia era uma dessas ciências, por isso era cético em relação à possibilidade de organizar proposições relevantes sobre o processo econômico em forma de uma teoria.

Nas últimas décadas, seu pensamento tem tido impacto na economia ecológica pelas considerações biofísicas e termodinâmicas do processo produtivo. Todavia, o aspecto metodológico, principalmente da obra *The Entropy Law and the Economic Process*, tem sido pouco mencionado. Geoffrey M. Hodgson dedicou o livro *Economics and Evolution: Bringing Life Back into Economics*²²⁸ a Georgescu justamente por considerá-lo uma exceção na guinada atomista e mecanicista do pensamento econômico do pós-Guerra. Em obra posterior, Hodgson tece o seguinte comentário:

Na economia, no período entre 1954 e 1974, a obra mais importante, de longe, inspirada pela biologia foi a de Nicholas Georgescu-Roegen: *The Entropy Law and the economic process* (1971). Ele declarou o valor das analogias com a biologia, assim como com a termodinâmica, e fundou uma versão diferente da bioeconomia.²²⁹

Para Georgescu, a evolução socioeconômica depende de um processo de histerese e de propriedades novas que emergem de combinações. A histerese é um termo para descrever processos físicos, magnéticos, que dependem da sua trajetória particular. Na economia, significa que o processo socioeconômico depende da sua trajetória passada, de sua história. Isso estava claro para Georgescu desde a época em que estudava o comportamento do consumidor.²³⁰ Para ele, o processo de escolha individual também apresenta histerese, ou seja, depende das experiências passadas. O caminho tomado

Nicholas Georgescu-Roegen, *The Entropy Law and the Economic Process* (Cambridge: Harvard University Press, 1971).

²²⁷ “[...] é risco quando não se sabe exatamente o que irá acontecer, mas conhecem-se as chances do que pode acontecer; é incerteza quando não se conhecem nem mesmo as chances do que pode acontecer.” (Joana Setzer, *Panorama do princípio da precaução: o direito do ambiente face aos novos riscos e incertezas*, dissertação de mestrado (São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental (Procam) – USP, 2007), p. 46.)

²²⁸ Geoffrey M. Hodgson, *Economics and Evolution: Bringing Life Back into Economics* (Michigan: The University of Michigan Press, 1993).

²²⁹ Geoffrey M. Hodgson, *Evolution and Institutions*, cit., p. 120, tradução livre.

²³⁰ Nicholas Georgescu-Roegen, “The Theory of Choice and the Constancy of Economic Laws”, em *Quarterly Journal of Economics*, 64 (1), fevereiro de 1950, pp.125-138.

pelos consumidores terá efeitos permanentes nas escolhas futuras. Trata-se do princípio da herança.²³¹

Georgescu também considerou impossível repetir fórmulas de desenvolvimento para países como a Romênia que tenham instituições e história particular. Alguns sistemas exibem um tipo de inércia estrutural, pois tendem a continuar presos a características passadas. A importância da dependência da trajetória (*path dependency*) no desenvolvimento de tecnologias e na mudança institucional foi enfatizada em Douglass C. North e William Brian Arthur.²³²

Como um bom discípulo de Schumpeter, Georgescu considerou o processo econômico irreversível, assim como a evolução biológica, e o motor dessa evolução sendo as inovações radicais. Chegou a dizer que o equipamento de capital, que ele chamava de instrumentos exossomáticos, evolui de forma análoga aos organismos no reino biológico, porém muito mais rápido. Se, no reino biológico, as mutações são responsáveis pela criação de diversidade que funciona como combustível da evolução, o mesmo ocorre com o equipamento de capital no processo econômico, nesse caso por meio de inovações radicais. A visão de Georgescu e de seu mestre Schumpeter era que as inovações não são sucessivas mudanças quase imperceptíveis, mas saltos que levam à emergência de uma nova entidade. É consistente com a teoria evolucionista do equilíbrio pontuado na biologia, formulada por Niles Eldredge e Stephen Jay Gould.²³³ A ideia é que existe uma hierarquia de processos evolucionários, em que choques exógenos levam a uma ruptura temporária na articulação dos níveis e a rápidas mudanças na especiação. Richard Goldschmidt²³⁴ já havia sugerido, em 1940, que a evolução é um processo em que ocorrem

²³¹ Riccardo Crivelli, "Hysteresis in the Work of Nicholas Georgescu-Roegen", em Joseph C. Dragan, Eberhard K. Seifert e Mihai C. Demetrescu (orgs.), *Entropy and Bioeconomics* (Milão: Nagard, 1993); John M. Gowdy, "Georgescu-Roegen's Utility Theory Applied to Environmental Economics", cit.; Stefano Zamagni, "Georgescu-Roegen on Consumer's Theory: an Assessment", em Kozo Mayumi & John M. Gowdy, *Bioeconomics and Sustainability: Essays in Honor of Nicholas Georgescu-Roegen* (Cheltenham: Edward Elgar, 1999).

²³² Douglass C. North, *Institutions, Institutional Change, and Economic Performance* (Londres: Cambridge University Press, 1990); William Brian Arthur, *Increasing Returns and Path Dependence in the Economy* (Ann Arbor: Michigan University Press, 1994).

²³³ Niles Eldredge & Stephen Jay Gould, "Punctuated Equilibria: an Alternative to Phyletic Gradualism", em Thomas J. M. Schopf (org.), *Models in Paleobiology* (San Francisco: Freeman Cooper, 1972).

²³⁴ Numa época de consolidação do neodarwinismo, uma perspectiva gradualista da evolução, em que mutações imperceptíveis nos genes e a seleção natural geram espécies diferentes a longuíssimo prazo, Richard Goldschmidt propôs a ideia de que a evolução não ocorre de maneira gradual, mas por meio de rupturas. O debate mais recente entre neodarwinismo e equilíbrio pontuado teve como expoentes Richard Dawkins e Stephen Jay Gould, respectivamente. (Kim Sterelny, *Dawkins vs. Gould: Survival of the fittest*, Cambridge: Icon Books, 2007).

macromutações, originando indivíduos tão diferentes que ele os apelidou de monstros esperançosos.

Para Mayr, “a atitude com relação à emergência é a diferença mais decisiva entre reducionistas e não-reducionistas”.²³⁵ Georgescu não era um reducionista, pois não acreditava que o todo é simplesmente a soma de suas partes. Sabia do elemento irredutível de incerteza associado à evolução de sistemas biológicos ou sociais, pois atribuía a devida importância à emergência de propriedades num nível superior de integração, que não são passíveis de serem explicadas pelos modos de ação de seus componentes tomados de maneira isolada.

À parte a influência de Schumpeter e as analogias com a evolução biológica, o principal objetivo de Georgescu na sua obra máxima de 1971 é mostrar que o processo econômico é um processo evolucionário em todas as suas fibras materiais. Por isso, a citação anterior de Hodgson sobre Georgescu em *Evolution and Institutions* não corresponde de fato ao significado de sua bioeconomia. Não se trata apenas de analogias emprestadas da termodinâmica e da biologia, mas da reconexão do processo econômico com o mundo biofísico. A geração necessária de entropia pelo processo econômico implica que, mesmo em nível físico básico, há sempre algum tipo de mudança qualitativa, qual seja, a transformação de energia útil em energia inútil. Isso significa que a ocorrência de mudanças qualitativas na economia não é questão que possa ser considerada periférica.

De fato, ao trazer *insights* da termodinâmica e da biologia para a economia, Georgescu acabou discutindo também propriedades mais gerais dos sistemas termodinâmicos, contribuindo para uma termodinâmica do não equilíbrio e para o estudo dos chamados sistemas complexos. Na verdade, sua crítica à economia neoclássica trouxe à tona um debate mais amplo sobre a ciência clássica e a ciência moderna.²³⁶ Mostrou que a complexidade de macrossistemas biológicos ou sociais não pode ser compreendida com base numa epistemologia mecanicista. A mecânica não distingue o passado do futuro e não leva em conta as mudanças qualitativas e irreversíveis. A lei da física que diferencia o passado do futuro e que mostra a importância das mudanças qualitativas e irreversíveis no universo é a lei da entropia.

²³⁵ Ernst Mayr, *Biologia, ciência única: reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica* (São Paulo: Companhia das Letras, 2005), pp. 91-92.

²³⁶ Charles C. Mueller, *Os economistas e as relações entre o sistema econômico e o meio ambiente*, cit.

Georgescu é considerado importante figura na abertura de portas para uma necessária termodinâmica de não equilíbrio.²³⁷ O mais interessante de suas contribuições estaria nas implicações epistemológicas de se considerarem mercados e economias longe do equilíbrio. E esse é o ponto de partida da abordagem que vê a economia como um sistema complexo. De acordo com Eleutério Prado:

O sistema econômico não pode ser visto como estando em equilíbrio no sentido da análise dinâmica tradicional, em que a organização é perfeita, nem no sentido termodinâmico, em que prevalece a perfeita desorganização. Isto abre uma agenda de pesquisa promissora cujo desenvolvimento mudará profundamente a teoria econômica tal como ela é hoje estudada e desenvolvida.²³⁸

A importância e o pioneirismo de Georgescu em relação às novas possibilidades que se abrem à ciência econômica também foram reconhecidos por Eric Beinhocker,²³⁹ que pretende sistematizar o que existe de pesquisa na área de economia da complexidade. Com base nos trabalhos de diversos pesquisadores de áreas diferentes, que juntos apontam para um novo paradigma da economia, Beinhocker se propõe a responder como consegue a economia funcionar de maneira auto-organizada e por que parece haver uma relação entre complexidade de uma economia e sua riqueza.

Por isso, economia da complexidade é mais um termo “guarda-chuva” que engloba muitas áreas de pesquisa em economia. Significa um abandono das analogias mecânicas de equilíbrio, que orientaram a disciplina desde a Revolução Marginalista, e uma incorporação de *insights* da termodinâmica de sistemas abertos e da teoria da evolução darwiniana. O termo fora-do-equilíbrio resume melhor o que está em jogo.²⁴⁰

De acordo com Beinhocker,²⁴¹ Georgescu teria percebido que a atividade econômica é fundamentalmente criação de ordem e que a evolução é o mecanismo pelo qual a ordem é criada. Um organismo precisa de uma fonte de

²³⁷ Eric Schneider & Dorion Sagan, *Into the Cool: Energy Flow, Thermodynamics and Life* (Chicago: University of Chicago Press, 2005), p. 286.

²³⁸ Parecer de Eleutério Prado registrado em e-mail de 30-9-2007. Prado tem estudado e trabalhado na área de economia e complexidade, junto com os professores Jorge E. C. Soromenho, Décio K. Kadota e Gilberto Lima, no núcleo de estudos chamado Complex, sediado na Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da USP.

²³⁹ Eric D. Beinhocker, *The Origin of Wealth*, cit.

²⁴⁰ William Brian Arthur, “Complexity and the Economy”, em *Science*, 284 (5411), abril de 1999, pp. 107-109.

²⁴¹ Eric D. Beinhocker, *The Origin of Wealth*, cit.

baixa entropia para manter e aumentar sua complexa organização interna. A evolução biológica tem sido uma batalha por estratégias termodinâmicas num mundo em competição e constante mudança. No âmbito material, a economia consiste em transformações de matéria e energia visando manter e aumentar sua própria organização. Possivelmente as implicações mais importantes do pensamento de Georgescu para a questão da origem da riqueza são:

- 1) Todas as transformações e transações econômicas criadoras de valor são irreversíveis.
- 2) Todas as transformações e transações econômicas criadoras de valor reduzem entropia localmente dentro do sistema econômico, enquanto aumenta a entropia globalmente.

<num>

Beinhocker²⁴² chamou essas implicações de condições Georgescu-Roegen para a criação de valor econômico e sustenta que tais condições são *sine qua non* para que se entenda o processo econômico como um sistema evolutivo complexo.

Coevolução socioambiental

A economia ecológica se preocupa com o longo prazo da reprodução material das sociedades e sua principal questão é: quais são os condicionantes ecológicos que não só restringem a atividade econômica como também colocam em risco a sobrevivência da humanidade em futuro mais distante? Os materiais fundamentais transformados pelo sistema econômico existem no meio ambiente em quantidades limitadas, decrescendo com o uso, e a capacidade de o ecossistema global assimilar os resíduos e a poluição que o sistema econômico vem gerando é fixa e menor do que se supõe.²⁴³

Por outro lado, a relação da sociedade com o meio ambiente e seus recursos é fortemente influenciada pelo modo como atuam as instituições. A condição econômica de uma sociedade não pode, portanto, ser compreendida com base

²⁴² *Ibid.*

²⁴³ Charles C. Mueller, *Os economistas e as relações entre o sistema econômico e o meio ambiente*, cit., p. 463.

em uma disciplina que abstrai as relações sociais. A ideia de que os comportamentos humanos podem ser estudados de maneira específica quando se trata da vida material das sociedades constitui aquilo que Louis Dumont denomina de ideologia econômica.²⁴⁴

Assim, para ser coerente com a verdadeira ruptura epistemológica que lhe é característica, a economia ecológica deve se distanciar dos fundamentos da economia neoclássica. Esta assume que uma ordem social ideal (equilíbrio) pode ser obtida pelas interações entre um conjunto de átomos sociais egoístas e racionais, que configuram o homem econômico.²⁴⁵

É por isso que as abordagens da complexidade e evolucionária são complementares à economia ecológica. Enquanto esta considera os fluxos de energia e matéria que entram e saem do processo produtivo, aquelas podem fornecer um entendimento das íntimas e complexas relações entre decisões econômicas, tecnologias, valores de uma cultura, hábitos e instituições. A compreensão do sistema econômico como algo que evolui com a mudança institucional e tecnológica e com a aprendizagem e adaptação dos agentes pode ajudar na compreensão da lentidão dos seres humanos na resposta aos desafios ambientais.

Muitos economistas que se preocuparam com a evolução do sistema consideraram esse processo independente do ambiente natural. E muitos economistas preocupados com a questão ambiental consideraram os sistemas econômicos independentes da evolução das instituições, tecnologias e preferências. Contudo, as interações entre sistemas econômicos e sistemas ambientais dão origem a padrões históricos de mudanças irreversíveis. Essa coevolução pode tomar forma de respostas à escassez de recursos, à degradação ambiental e à regulação ambiental.²⁴⁶ O olhar coevolutivo enfatiza que as inovações tecnológicas num sistema econômico podem ser estimuladas por diferentes características dos recursos naturais e dos ecossistemas no tempo e no espaço.

²⁴⁴ Louis Dumont, *From Mandeville to Marx: the Genesis and Triumph of Economic Ideology* (Chicago: University of Chicago Press, 1977).

²⁴⁵ Stefano Zamagni & Ernesto Screpanti, "A Post-Smithian Revolution?", em Stefano Zamagni & Ernesto Screpanti (orgs.), *An Outline of the History of Economic Thought* (2ª ed. Oxford: Oxford Online Monographs, 2005), disponível em: <http://fds.oup.com/www.oup.co.uk/pdf/0-19-927914-4.pdf>.

²⁴⁶ John M. Gowdy, *Coevolutionary Economics: the Economy, Society and the Environment* (Dordrecht: Kluwer Academic, 1994); Richard B. Norgaard, *Development Betrayed, the End of Progress and a Coevolutionary Revisioning of the Future* (Londres/Nova York: Routledge, 1994).

Quando se fala de desenvolvimento sustentável, está-se referindo a projeções de longo prazo. As projeções baseadas nos modelos convencionais da economia são geralmente a-históricas, deterministas e não consideram a diversidade de agentes, produtos, instituições e tecnologias. Conseqüentemente, tais modelos não dão conta da incerteza nem da dependência da trajetória (mencionadas em “Evolução e complexidade”) inerentes aos sistemas.²⁴⁷

Exemplos de questões que unem a economia ecológica com a economia evolucionária, especialmente aquela que lida com a evolução das instituições são: Quais são os mecanismos de transmissão de padrões de comportamento referentes ao uso dos recursos naturais e dos ecossistemas? Como esses padrões podem ser modificados numa cultura de modo a irem ao encontro de processos sociais ambientalmente sustentáveis?²⁴⁸

A contribuição de Georgescu, no que diz respeito aos aspectos biofísicos do processo econômico, teve grande influência no surgimento da economia ecológica. Contudo, sua contribuição epistemológica para uma economia evolucionária não tem merecido suficiente atenção. Ao apontar os limites da metáfora mecânica e a necessidade de pensar o processo econômico de um ponto de vista fora-do-equilíbrio, inclusive se valendo de metáforas biológicas, Georgescu antecipou a atual fronteira do conhecimento, representada pelas abordagens da complexidade e da economia evolucionária.

²⁴⁷ Peter Mulder & Jeroen C. J. M. van den Bergh, “Evolutionary Economic Theories of Sustainable Development”, em *Growth and Change*, 32 (1), 2001, pp. 110-134; Christian Rammel, Sigrid Stagl e Harald Wilfing, “Managing Complex Adaptive Systems: a Co-evolutionary Perspective on Natural Resource Management”, em *Ecological Economics*, 63 (1), 2007, pp. 9-21.

²⁴⁸ John M. Gowdy, “Sustainability and Collapse: What Can Economics Bring to the Debate?”, em *Global Environmental Change*, 15 (3), outubro de 2005, pp. 181-183.

5 – Energia e desenvolvimento sustentável

<epi>Será que realmente entendemos todas as implicações do fato de que podem surgir graves incompatibilidades entre o sistema econômico e o sistema ecológico (e também o social), que ameacem o processo econômico, sua reprodução social e, portanto, a garantia constante de bem-estar e sobrevivência humana?

(William Kapp, “A natureza da economia como um sistema aberto e suas implicações”)

<epi>Ao alertar as pessoas a respeito dos perigos da mudança climática, você é chamado de santo. Ao explicar o que precisa ser feito para parar com isso, chamam-no de comunista.

(George Monbiot, “What Is Progress?”)

Desenvolvimento e sustentabilidade

Há um número considerável de problemas ambientais sérios, a ponto de não poderem ser descartados cenários de colapsos semelhantes ao da civilização Maia ou da ilha de Páscoa. Dentre eles: desmatamento e destruição do habitat, problemas com o solo (erosão, salinização e perda de fertilidade), com o controle da água, sobrecaça, sobrepesca,²⁴⁹ efeitos da introdução de outras espécies sobre as espécies nativas e aumento *per capita* em razão do impacto do crescimento demográfico. A sociedade industrial acrescentou mais quatro problemas: mudanças climáticas provocadas pelo homem, acúmulo de produtos químicos tóxicos no ambiente, carência de energia e utilização total da capacidade fotossintética do planeta.

A sobreutilização dos recursos ambientais é uma armadilha a que nenhum agrupamento humano está imune. Tais recursos parecem inesgotáveis e têm suas reduções mascaradas por oscilações ao longo dos anos. Muitas sociedades do passado sumiram por não terem conseguido lidar com seus problemas ambientais intimamente relacionados à sua reprodução material e ao seu desenvolvimento.

Um exemplo de desastre ecológico do passado foi o da isolada ilha de Páscoa cuja civilização foi bem-sucedida por quase um milênio. O principal impacto ambiental de Páscoa, o desmatamento, foi agravado pela impossibilidade da emigração como válvula de escape e pela competição entre clãs e chefes que induziram à construção de estátuas cada vez maiores, requerendo mais

²⁴⁹ Situação em que a atividade pesqueira duma espécie ou numa região deixa de ser sustentável. O mesmo vale para a sobrecaça.

madeira, cordas e alimentos, portanto, um uso mais intensivo do solo. Jared Diamond arrisca uma analogia com os problemas ambientais atuais em escala planetária:

Se alguns insulares usando apenas pedras como ferramentas e seus próprios músculos como fonte de energia conseguiram destruir o seu ambiente e, assim, destruir a sua sociedade, o que farão bilhões de pessoas com instrumentos de metal e com a energia das máquinas?²⁵⁰

Certamente a história da ilha de Páscoa não é apenas mais uma de civilizações perdidas junto com seus conhecimentos esotéricos. É um exemplo claro de como as sociedades humanas dependem de seu ambiente.²⁵¹ Mas será que o desenvolvimento das sociedades pode de alguma maneira ser ambientalmente sustentável? Algumas sociedades vêm operando de modo mais ou menos sustentável há milhares de anos. As ocupações das ilhas de Tikopia (4,7 km²) e de Tonga (746 km²)²⁵² ainda são ambientalmente sustentáveis após 3 mil anos. Caso mais impressionante é o das pessoas que vivem de modo sustentável nas terras altas da Nova Guiné há 46 mil anos. A agricultura ali praticada há 7 mil anos faz desta “uma das mais longas experiências de produção sustentável de alimentos”.²⁵³

Ocorre que essas sociedades não fazem parte do clube restrito de nações ditas desenvolvidas nem da periferia em desenvolvimento, ou seja, não são parte da chamada civilização industrial. Por outro lado, não há nenhuma evidência que permita afirmar que os estilos de crescimento econômico acelerado dos últimos dois séculos sejam ambientalmente sustentáveis.

Se as sociedades que interagem há milênios com seus ambientes de maneira sustentável não são consideradas desenvolvidas tampouco em desenvolvimento, será que há na novíssima expressão desenvolvimento sustentável algo além da mera inovação retórica? Tudo indica que exista sólida base material que justifique a adjetivação da expressão desenvolvimento. No final do século passado, o qualificativo sustentável se tornou um novo valor, tão

²⁵⁰ Jared Diamond, *Colapso: como as sociedades escolhem o fracasso ou o sucesso* (Rio de Janeiro: Record, 2005), p. 152.

²⁵¹ Clive Ponting, *A Green History of the World* (Londres: Penguin Books, 1991); Jared Diamond, *Guns, Germs, and Steel: the Fates of Human Societies* (Nova York: W. W. Norton, 1997).

²⁵² Tikopia fica no sudeste das Ilhas Santa Cruz (Galápagos), localizada na província de Temotu no Pacífico Sul. Tonga é um estado da Polinésia que ocupa as ilhas do mesmo nome.

²⁵³ Jared Diamond, *Colapso*, cit., p. 341.

importante e popular quanto a justiça social.²⁵⁴ O surgimento desse valor foi determinado por dúvidas sobre a continuidade do processo de expansão das liberdades humanas, processo este que é a própria definição de desenvolvimento como formulou o prêmio Nobel Amartya Sen.

Segundo Amartya Sen,²⁵⁵ o desenvolvimento é um processo de ampliação das liberdades humanas, ou seja, de expansão das escolhas que as pessoas têm para terem vidas plenas e criativas. O crescimento econômico é um simples meio nesse processo. Os benefícios do crescimento devem servir à ampliação de no mínimo quatro capacidades humanas mais elementares: ter vida longa e saudável, ser instruído, ter acesso aos recursos necessários a um nível de vida digno e ser capaz de participar na vida da comunidade.

Historicamente, contudo, a ideia de desenvolvimento tem sido dissociada das estruturas sociais, ignorando as aspirações dos grupos constitutivos da sociedade, e por essa razão tem tido um caráter economicista. E a visão de desenvolvimento que predominou na segunda metade do século XX é do processo como *performance* econômica no cenário internacional.²⁵⁶

O desenvolvimento, entretanto, não pode ser visto apenas pela ótica da economia. Seu estudo tem como tema central a criatividade cultural e a morfogênese social. Trata-se de um processo em que os homens interagem com o meio no empenho de efetivarem suas potencialidades: satisfazendo suas necessidades e renovando suas aspirações..A criatividade cultural diz respeito à capacidade que as sociedades têm de gerar invenções. A invenção cultural, segundo Furtado²⁵⁷, pode ser instrumental, ou seja, relacionada à busca da eficácia da ação, mas também pode ser substantiva, relacionada à busca de propósito para a própria vida.

Na civilização industrial, a invenção cultural girou em torno da eficácia da ação, fenômeno conhecido como progresso técnico. É por isso que as teorias do desenvolvimento de nossa época tenderam a se confundir com a explicação do sistema produtivo que emergiu na civilização industrial. Todavia, a invenção cultural que gira em torno da busca de propósito para a própria vida também

²⁵⁴ José Eli da Veiga, *Meio ambiente e desenvolvimento* (São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2006).

²⁵⁵ Amartya K. Sen, *Desenvolvimento como liberdade* (São Paulo: Companhia das Letras, 1999).

²⁵⁶ Celso Furtado, *Criatividade e dependência na civilização industrial* (Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1978).

²⁵⁷ Celso Furtado, *Introdução ao desenvolvimento: enfoque histórico-estrutural* (Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2000).

encontra respaldo na história. Tal tipo de invenção, ligada aos desígnios últimos, nos dá os valores, que podem ser morais, religiosos, estéticos, etc.²⁵⁸ É justamente por fugir do economicismo que o Nobel Amartya Sen²⁵⁹ procura mostrar que, antes de qualquer coisa, o desenvolvimento requer a remoção das principais fontes de privação de liberdade: a pobreza e a tirania, a carência de oportunidades econômicas e a destituição social sistemática, a negligência dos serviços públicos e a intolerância ou a interferência de Estados repressivos.

Por sua vez, a palavra sustentabilidade era utilizada inicialmente por biólogos de populações²⁶⁰ e engenheiros florestais para o estudo da reprodução do reino vegetal e animal *vis-à-vis* à exploração desses recursos pelo homem, e somente na década de 1970 foi transposta para as atividades econômicas em geral. A questão era saber se um processo poderia ser comprometido pela destruição de seus próprios alicerces naturais.²⁶¹

A legitimação da expressão desenvolvimento sustentável, na década de 1980, acabou negando a incompatibilidade inerente entre o crescimento econômico contínuo e a conservação da natureza.²⁶² A definição de desenvolvimento sustentável é essencialmente política e vem ganhando força desde a divulgação do Relatório da Comissão Mundial do Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMD) [Report of the World Commission on Environment and Development: *Our Common Future*]²⁶³ da Organização das Nações Unidas (ONU), em 1987, que ficou conhecido como Relatório Brundtland. A expressão foi definida como “o desenvolvimento que garante atender as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender suas necessidades”.²⁶⁴

Todavia, enxergar o desenvolvimento apenas como um processo de satisfação de necessidades restringe muito a dimensão do problema. A questão do

²⁵⁸ Celso Furtado, *Introdução ao desenvolvimento: enfoque histórico-estrutural* (Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2000).

²⁵⁹ Amartya K. Sen, *Desenvolvimento como liberdade*, cit.

²⁶⁰ A Biologia populacional, ramo da Ecologia, estuda populações de seres vivos. Uma população pode consistir em apenas alguns indivíduos ou em milhões deles, desde que esses indivíduos produzam descendência.

²⁶¹ José Eli da Veiga, *Desenvolvimento sustentável: o desafio do século XXI* (Rio de Janeiro: Garamond, 2005).

²⁶² Marcos Nobre & Maurício de Carvalho Amazonas (orgs.), *Desenvolvimento sustentável: a institucionalização de um conceito, Parte II* (Brasília: Editora Ibama, 2002).

²⁶³ Report of the World Commission on Environment and Development, *Our Common Future*, Onu, 1987, Disponível em <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>.

²⁶⁴ Gro Harlem Brundtland (org.), *Nosso futuro comum* (São Paulo: Editora da FGV, 1987), p. 43.

desenvolvimento sustentável está relacionada à possibilidade de que as gerações futuras continuem o processo de expansão das liberdades.²⁶⁵ De um lado, a base material que possibilita o desenvolvimento não pode ser depredada de maneira míope. De outro, a liberdade de as gerações futuras usufruírem um ar limpo ou uma bela paisagem pode não ter nenhuma relação com satisfação de necessidades ou mesmo com o padrão de vida das sociedades.

Se o processo de expansão das liberdades humanas exige expansão da produção econômica, a expressão desenvolvimento sustentável é inerentemente contraditória, uma vez que a própria criação de valor econômico em nossa civilização provoca processos irreversíveis de degradação do mundo físico.

As tentativas de negar essa contradição entre o crescimento econômico contínuo e a conservação da natureza fazem com que muitas reivindicações atuais sejam quase esquizofrênicas, pois ao mesmo tempo em que se pede mais e mais crescimento, se pede também para salvar o planeta.

O crescimento é visto como um fim em si mesmo e reivindicado sem ser qualificado e sem que se perceba que sua medida oficial, o produto interno bruto (PIB), não é um bom indicador nem da própria riqueza. O PIB como indicador de crescimento econômico não esclarece o que cresceu, como cresceu e para quem foram os frutos do crescimento. Além disso, esse indicador não pode ser uma boa medida da riqueza, pois esta está relacionada a estoques, enquanto o PIB mede fluxos monetários. Isso significa que pode haver crescimento com diminuição da riqueza se esse crescimento ocorrer, por exemplo, à custa da depredação de florestas inteiras ou dos depósitos de petróleo que demoraram milhões de anos para se formarem.²⁶⁶

Assim, uma das mudanças institucionais mais importantes e mais urgentes é o abandono do PIB como indicador de bem-estar e progresso das sociedades. Esse indicador acaba se tornando fonte de informações equivocadas e por isso leva agentes econômicos a tomarem decisões erradas na perspectiva do bem-estar social. “O crescimento do PIB não deveria ser considerado como

²⁶⁵ Amartya K. Sen, “Por que é necessário preservar a coruja-pintada”, em *Folha de S. Paulo, Mais!*, 14-3-2004.

²⁶⁶ Jean Gadrey & Florence Jany-Catrice, *Os novos indicadores de riqueza* (São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2006); Patrick Viveret, *Reconsiderar a riqueza* (Brasília: UnB, 2006).

indicador de progresso, mas como um reflexo dos custos crescentes da mudança econômica (seja progresso ou declínio)”.²⁶⁷

Por outro lado, a expressão salvar o planeta, bastante usada atualmente, revela uma visão equivocada do problema. O planeta continuará a existir por muito tempo após a extinção da espécie humana. Não é a Terra que está correndo perigo em razão dos atuais problemas ambientais, como o aquecimento global, a erosão da biodiversidade ou a escassez e degradação dos recursos hídricos. O que está em jogo é a possibilidade de a espécie humana evitar a aceleração de sua própria extinção que poderá ocorrer por causa da depredação dos ecossistemas vitais para ela.

A escala da crise ambiental foi esclarecida pelo paleontólogo Stephen Jay Gould,²⁶⁸ que chamou a atenção para a impotência de o homem destruir o planeta. Combate dois argumentos normalmente promovidos como base de uma ética ambiental:

- 1) Vivemos num planeta frágil agora, sujeito a permanentes desequilíbrios e desvios por causa das intervenções humanas.
- 2) Os humanos precisam aprender a agir como diretores nesse mundo ameaçado.

Os seres humanos são virtualmente impotentes em relação à Terra na sua própria escala geológica. Mesmo o mais radical dos cenários de aquecimento global seria mais frio que muitas épocas de um passado pré-humano. É possível que a espécie humana se destrua sim e que leve muitas outras espécies com ela, mas não que acabe com a vida na Terra. A escala de tempo da evolução e geologia do planeta Terra é da ordem de dezenas de milhões de anos. Todavia, não é pela impotência do homem ante o planeta que não exista um problema para a espécie humana e suas culturas.²⁶⁹

Não se sustenta a ideia de que os humanos devam agir como diretores do planeta, cuidando de todas as formas de vida. Um princípio ético ambiental não deve deixar de ser autointeressado. A potência de todo o arsenal nuclear junto não chega à fração de um milésimo da potência do asteroide que

²⁶⁷ Jeroen C. J. M. van den Bergh, “Abolishing GDP”, em *Tinbergen Institute Discussion Paper*, fevereiro de 2007, p. 3, tradução livre. Disponível em <http://www.tinbergen.nl>.

²⁶⁸ Stephen Jay Gould, “The Golden Rule: a Proper Scale for Our Environmental Crisis”, em *Natural History*, setembro de 1990.

²⁶⁹ *Ibidem*.

provavelmente causou a extinção dos dinossauros.²⁷⁰ Assim, o planeta sobreviveria a uma catástrofe nuclear, porém a cultura humana pereceria junto com a espécie. A Terra prosperaria mesmo se as calotas polares derretessem devido ao aquecimento, mas boa parte das grandes cidades construídas ao nível do mar inundaria e a mudança nos padrões da agricultura forçaria drásticas migrações das populações.²⁷¹

Por isso, por trás do debate sobre o desenvolvimento sustentável está o debate sobre os recursos que o processo econômico utiliza e o despejo inevitável de resíduos nos ecossistemas. Desenvolvimento requer energia. E é ela que conecta os desafios da sustentabilidade ambiental com as dimensões social e econômica do desenvolvimento. No século XX, ficou evidente que a base de recursos na qual se baseou o crescimento econômico moderno tem uma série de problemas. Os recursos fósseis são desigualmente distribuídos pelo globo, o que gera potenciais conflitos geopolíticos. São recursos finitos cuja exploração chegará a um pico em que o ritmo de exploração excederá a descoberta de depósitos acessíveis. Além disso, há o problema, atualmente mais discutido, do aquecimento global, resultado da acumulação de gases poluentes na atmosfera causadores o efeito estufa, entre eles o CO₂ cujos níveis de emissão são elevados e foram crescentes no século XX.

Comumente, a expressão aquecimento global refere-se à elevação da temperatura média da superfície da Terra de pouco menos de 1 °C no último século. O 4º e último relatório de 2007 do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) que representa o consenso da maior parte da comunidade científica internacional estudiosa das mudanças climáticas, sustenta que o aumento global de temperatura registrado no século XX tem como origem as atividades humanas, também chamadas de antrópicas.²⁷²

Não é possível, portanto, falar de desenvolvimento sustentável sem aludir à base energética na qual se baseou o desenvolvimento a partir da Revolução Industrial. Então, a questão fundamental é saber se os humanos podem coletivamente perceber a magnitude do problema atual e encaminhar as soluções necessárias.

²⁷⁰ Dentre as diversas teorias que tentaram explicar a extinção, essa é a mais aceita atualmente.

²⁷¹ Stephen Jay Gould, "The Golden Rule", cit., pp. 24-30.

²⁷² Sonia Barros de Oliveira, "Base científica para a compreensão do aquecimento global", em José Eli da Veiga, *Aquecimento global: frias contendas científicas* (São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2008).

Futuro energético e o aquecimento global

Muitos dos confortos valorizados pela civilização industrial e acessíveis a quase todas as pessoas dos países ricos conferem uma qualidade de vida com a qual nenhuma geração prévia jamais sonhou. Por exemplo: muito tempo para lazer, viagens de longa distância em curto intervalo de tempo, nutrição adequada, cuidados com a saúde, educação de todas as crianças, ambientes quentes e seguros, etc. Tais possibilidades foram viabilizadas pelos combustíveis fósseis, uma vez que a restrição de se viver com a energia ambiente foi substituída pelo uso da energia solar estocada na forma de carbono pelos 350 milhões de anos precedentes. Uma das dádivas dos combustíveis fósseis é o grau de liberdade proporcionado por eles. As liberdades possíveis, confortos e prosperidades atuais são em grande parte produtos do carbono fossilizado cuja combustão libera gás carbônico, responsável pelo aquecimento global do século XX.

O relatório *Lighting the Way: Toward a Sustainable Energy Future* [Iluminando o caminho: em prol de um futuro energético sustentável], lançado no final de 2007 pelo InterAcademy Council,²⁷³ que articula as mais importantes academias de ciência e de engenharia do mundo, com sede na Holanda, enfatiza a necessidade de acelerar as pesquisas científicas e tecnológicas focadas nas possibilidades de descarbonização das matrizes energéticas.

Fazer a transição para um futuro energético sustentável é, segundo o relatório, um dos desafios centrais da humanidade neste século. A ideia de sustentabilidade energética engloba mais do que o imperativo de assegurar que os serviços básicos energéticos sejam estendidos para mais de dois bilhões de pessoas que não têm acesso às modernas formas de energia. Engloba também evitar que o aumento da temperatura (até o final do século XXI) do planeta seja de mais de 2 °C (em relação à temperatura pré-industrial), preservar a integridade de ecossistemas essenciais e reduzir os riscos de conflitos geopolíticos.

A meta de 2 °C acima da temperatura média, estabelecida antes da Revolução Industrial, se justifica como o patamar a partir do qual a mudança de clima se

²⁷³ InterAcademy Council, “Lighting the Way: Toward a Sustainable Energy Future”, report, *Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences*, Amsterdã, outubro de 2007, disponível em <http://royalsociety.org/downloaddoc.asp?id=4695>.

torna perigosa em razão das consequências negativas para os ecossistemas, a biodiversidade e o suprimento de água e alimentação. Além disso, aumentos de temperatura acima dessa meta podem causar retroalimentações positivas.²⁷⁴

Quando a temperatura cresce, o gelo próximo dos polos funde, e terra ou oceano tomam seu lugar. Ambos têm muito menor capacidade de refletir a luz (albedo) que o gelo, e, portanto absorvem mais radiação solar. Isso causa mais aquecimento, que por sua vez aumenta o degelo, alimentando o processo.²⁷⁵

Conseguir essa equivalência significa estabilizar concentração de gases de efeito estufa na atmosfera em 440 ppm (partes por milhão) de CO₂. A concentração atual de CO₂ é de 380 ppm, mas, quando somados a outros gases de efeito estufa, o número vai para 440 ppm. Se tudo permanecesse como está, a concentração de gases de efeito estufa, em 2030, deveria ser a mesma de hoje. Contudo, estima-se que, em 2030, a capacidade da biosfera de absorver carbono vai ter sido reduzida dos atuais 4 bilhões de toneladas/ano para 2,7 bilhões de toneladas/ano. Assim, o nível das emissões mundiais deverá estar em torno de 2,7 bilhões de toneladas/ano em 2030, para que não ocorra um aumento de 2 °C acima da temperatura média do planeta. Tomando-se apenas duas dimensões do desafio da transição energética – a segurança energética e a mudança climática –, as previsões mais recentes da Agência Internacional de Energia [International Energy Agency – IEA]²⁷⁶ sugerem que, se as coisas continuarem como estão (cenário de referência), o aumento no consumo mundial de energia entre 2005 e 2030 será de 50%. Os combustíveis fósseis serão responsáveis por 84% desse aumento, e as emissões de dióxido de carbono (CO₂) aumentarão em 57% até 2030. O rápido crescimento econômico da China e da Índia tem transformado o sistema energético mundial. A crescente demanda global por energia ameaça não só a segurança energética global, mas também a possibilidade de diminuir substancialmente as emissões de CO₂. Em 2007, a China passou os Estados Unidos nas emissões, tornando-se o maior emissor do mundo. Contudo, em

²⁷⁴ Mecanismos de retroalimentação positiva ocorrem quando o resultado de um processo inicial desencadeia um segundo processo que influencia o inicial, amplificando-o.

²⁷⁵ Sonia Barros de Oliveira, “Base científica para a compreensão do aquecimento global”, cit., p. 26.

²⁷⁶ International Energy Agency. *World Energy Outlook 2007* (Paris: OECD/IEA, 2007), disponível em http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2007/weo_2007.pdf.

2030, as emissões *per capita* da China serão apenas 40% das emissões dos Estados Unidos (no cenário de referência). Por isso, a China será um ator-chave nas questões de sustentabilidade ambiental, nas próximas décadas.²⁷⁷

Todavia, para que a temperatura do planeta não aumente mais que 2 °C acima do nível pré-industrial até o final do século, seria necessário reduzir, até 2050, as emissões globais de CO₂ para 15% do nível de emissões do ano-base 2000. Isso pode ser visto no 4º relatório do IPCC,²⁷⁸ em que há uma tabela que relaciona diferentes temperaturas com os cortes exigidos nas emissões. Quando se observa tanto as tendências de aumento na demanda global por energia, e a participação dos combustíveis fósseis nessa demanda, quanto a necessidade de cortes drásticos nas emissões, ficam mais claros os reais dilemas relacionados ao aquecimento global.

Atualmente são emitidos mais ou menos 7 bilhões de toneladas de carbono por ano. Isso implica uma necessidade de redução global de 60% nas emissões até 2030. Nos países ricos, tal redução seria da ordem de 90%. Se a produção de dióxido de carbono de 2000 for dividida pela população mundial do mesmo ano, chega-se à cota de 3,58 t de CO₂ *per capita*. Se o corte exigido nas emissões for levado a sério, a produção global *per capita* de CO₂ deve ser reduzida para 0,537 t até 2050. Os Estados Unidos produzem atualmente 23,6 t *per capita* de CO₂. Se a população mundial se mantivesse constante, os Estados Unidos teriam que reduzir suas emissões em 97,7% para alcançarem essa cota *per capita* mundial.²⁷⁹

Será que a civilização industrial, com todas as suas liberdades, habita uma espécie de breve interlúdio histórico entre a restrição ecológica e a catástrofe ambiental? Isso dependerá da capacidade da humanidade de descarbonizar a sua economia o quanto antes. Considerando o imperativo de restringir as emissões de gases de efeito estufa, resta saber se as economias do mundo poderão continuar crescendo. Será que as tecnologias para a descarbonização das matrizes energéticas já estão disponíveis, de modo que os países não precisem parar de crescer?

²⁷⁷ International Energy Agency, *World Energy Outlook 2007* (Paris: OECD/IEA, 2007), disponível em http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2007/weo_2007.pdf.

²⁷⁸ Intergovernmental Panel on Climate Change, "Summary for policymakers", em Bert Metz *et al.* (orgs.), *Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change*, Contribuição do Working Group III para o *Fourth Assessment Report* do IPCC (Cambridge: Cambridge University Press, 2007), disponível em http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_spm.pdf.

²⁷⁹ George Monbiot, *Heat*, cit.

O debate internacional é dividido pelas respostas a tal pergunta. Os que dizem que já estão prontas as tecnologias costumam fazer a observação de que só falta decisão política. Aqueles que enfatizam a necessidade urgente de intensa cooperação internacional nas pesquisas que poderão fazer emergir ao longo do século as imprescindíveis inovações na tecnologia de conversão energética preferem o pessimismo da razão ao otimismo da vontade.²⁸⁰

Neste começo do século XXI, o debate sobre a transição energética parece estar bem mais sóbrio do que o de algumas décadas atrás, seja pela cautela e por certa dose de realismo com que as energias renováveis são vistas, seja pelo reconhecimento da esgotabilidade do petróleo e da importância que tem essa transição.

Ainda no final do século passado, em 1998, a Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE) promoveu, juntamente com a IEA, o Fórum para o Futuro, uma conferência cujo objetivo era discutir os desafios crescentemente complexos do setor energético. Reconheceu-se que tais desafios são de ordem econômica, geopolítica, tecnológica e ambiental e que todos estão interligados. O evento gerou uma publicação intitulada *Energy: the Next Fifty Years*,²⁸¹ que procura traçar estratégias a partir de uma perspectiva multidisciplinar.

O intervalo durante o qual a política energética atual poderá ser sustentada sem grandes problemas é reduzido à medida que o nível de consumo global de energia aumenta. Ainda mais porque os combustíveis fósseis continuarão a ter um papel importante nas próximas décadas.²⁸² Além desse prognóstico, o relatório *World Energy Outlook 2007*²⁸³ conclui que a escassez crucial que enfrenta o planeta não é de dinheiro nem de recursos naturais, e sim de tempo. Investimentos realizados agora na infraestrutura de oferta de energia vão condicionar a tecnologia por décadas.

A posição otimista, mas sóbria, sobre a possibilidade de descarbonizar a economia mundial, cujos exemplos são as obras de George Monbiot e Lester R. Brown, reconhece a necessidade de mudanças na infraestrutura de modo que

²⁸⁰ José Eli da Veiga & Petterson Molina Vale, “Economia e política do aquecimento global”, em José Eli da Veiga, *Aquecimento global: frias contendas científicas* (São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2008), pp. 59-82.

²⁸¹ Organisation for Economic Co-Operation and Development, *Energy: the Next Fifty Years* (Paris: OECD, 1999), disponível em <http://www.oecd.org/dataoecd/37/55/17738498.pdf>.

²⁸² Dieter M. Imboden & Carlo C. Jaeger, “Towards a Sustainable Energy Future”, em Organisation for Economic Co-Operation and Development, *Energy: the Next Fifty Years* (Paris: OECD/IEA, 1999), pp. 63-94.

²⁸³ International Energy Agency, *World Energy Outlook 2007*, cit.

a demanda por energia seja reduzida. Tal posição é sóbria, porque não se acredita que as fontes de energia renovável sejam capazes por si só de suprir a demanda mundial de energia no nível atual. Monbiot²⁸⁴ mostra como os países ricos podem cortar 90% de suas emissões de gases de efeito estufa até 2030 da maneira menos dolorosa e compatível com a civilização industrial. Isso significa uma tentativa de reconciliar a demanda por conforto e prosperidade com as restrições requeridas. Usa o exemplo do Reino Unido para mostrar que, com importantes reestruturações no sistema de transportes, na construção civil e no aquecimento das casas, é possível descarbonizar uma economia moderna sem que ela deixe de ser moderna.

Brown²⁸⁵ mostra como uma reestruturação energética possibilitaria que em 2020 as emissões de carbono fossem 80% inferiores às de 2006, impedindo que a concentração de CO₂ na atmosfera chegasse a um nível muito acima daquele que representa um risco trágico de aumento da temperatura média global. A adoção de importantes inovações na construção civil e nos sistemas de transporte, aliadas às restrições aos fósseis, aos incentivos aos renováveis, à plantação de florestas e ao manejo racional de solos, evitaria o acréscimo de 30% da demanda de energia prevista para o período 2006-2020. Na construção civil as inovações diminuiriam a necessidade de eletricidade e de vários combustíveis usados para regular a temperatura interna dos edifícios, e nos sistemas de transporte destacaria-se a introdução de veículos que combinassem eletricidade com combustíveis líquidos.

A energia mais barata e que menos polui é aquela que tem um perfil mais sóbrio de demanda energética e maior eficiência no seu uso final. A questão da substituição das energias fósseis por qualquer tipo de energia renovável só vem depois. A busca de um perfil energético mais sóbrio depende, entre outras coisas, de mudanças nos estilos de vida, nos padrões de consumo e na organização do espaço e do aparelho produtivo, da reestruturação dos espaços urbanos, da durabilidade dos produtos e da melhor manutenção das infraestruturas.²⁸⁶ Assim, o otimismo não é tanto em relação à viabilidade das tecnologias de energia alternativas, mas principalmente em relação à

²⁸⁴ George Monbiot, *Heat*, cit.

²⁸⁵ Lester R. Brown, *Plan B 3.0: Mobilizing to Save Civilization* (Nova York: W. W. Norton, 2008).

²⁸⁶ Ignacy Sachs, "A revolução energética do século XXI", em *Estudos Avançados*, 21 (59), 2007, pp. 21-38.

possibilidade de reestruturar os modos de vida das nações industriais avançadas.

Há quem duvide seriamente da possibilidade de uso global em larga escala da energia proveniente das fontes eólica e hídrica, da radiação solar direta e mesmo da biomassa. É o caso de Rogério Cezar Cerqueira Leite, que ironiza dizendo que deveríamos “tirar as velhas bicicletas do sótão”²⁸⁷ e nos preparar para uma sociedade que mudaria radicalmente sua organização devido à escassez energética. Sua ênfase não está no aquecimento global, mas, sim, no reconhecimento de que o fim da era do petróleo está próximo e no ceticismo quanto à possibilidade de descarbonizar a economia em âmbito global.

Sem uma mitigação a tempo, os custos sociais, econômicos e políticos do pico do petróleo serão sem precedentes. Essa é a conclusão do relatório lançado em 2005 pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos.²⁸⁸ É possível reduzir a demanda por petróleo e começar a desenvolver alternativas, mas o processo de substituição demoraria de dez a vinte anos. Por isso, esperar o pico de produção antes de agir significaria um déficit de combustível líquido no mundo por duas décadas. Assim, as medidas necessárias de cortes no uso de combustíveis fósseis, como política de mitigação do aquecimento global, também significam postergar o pico do petróleo e reduzir os impactos econômicos quando isso acontecer.

Quanto às políticas de mitigação do aquecimento global, ainda se está muito longe do necessário, se corretas as avaliações do IPCC, mencionadas anteriormente nesta seção. O único acordo internacional surgido até agora para lidar com as mudanças climáticas, o Protocolo de Kyoto, está distante do que diz a ciência. Não há nenhuma meta global para a concentração de CO₂ na atmosfera, logo, para a quantidade de emissões permitidas. Tal protocolo²⁸⁹ dizia aos signatários apenas para cortarem suas emissões num total de 5,2% até 2012. E nem isso foi cumprido.

²⁸⁷ Rogério Cezar Cerqueira Leite, “O fim da era da maldição do petróleo, em *Folha de S. Paulo*, 21-8-2005, p. A-3.

²⁸⁸ Robert L. Hirsch, Roger H. Bezdek e Robert M. Wendling, “Peaking of World Oil Production: Impacts, Mitigation, & Risk Management”, em *United States Department of Energy (DOE) National Energy Technology Laboratory (NETL)*, report, fevereiro de 2005, disponível em http://www.netl.doe.gov/publications/others/pdf/Oil_Peaking_NETL.pdf.

²⁸⁹ Ministério da Ciência e Tecnologia, Protocolo de Kyoto, Ministério da Ciência e Tecnologia com o apoio do Ministério das Relações Exteriores da República Federativa do Brasil, disponível em http://www.mct.gov.br/upd_blob/0012/12425.pdf.

Existe, portanto, uma incoerência entre a magnitude do problema do aquecimento global e as tentativas fracassadas dos acordos firmados na década de 1990 para encaminhar soluções.

Nada pode ser mais incoerente do que levar a sério as conclusões do IPCC, e, simultaneamente, supor que o problema possa ser enfrentado mediante acordos internacionais do gênero do Protocolo de Kyoto. Se o IPCC estiver mesmo com a verdade, todos os países do mundo, a começar pelos mais ricos e poderosos, deveriam enfrentar o problema como se estivessem diante de uma grande guerra, em vez de barganharem ridículas metas de contenção de emissões.²⁹⁰

Seriam necessárias mudanças agressivas na política para acelerar o desenvolvimento de tecnologias que evitassem emissões de gases de efeito estufa e garantir a segurança energética das nações.

Os sistemas de Ciência, Tecnologia & Inovação (CT&I) deveriam ser drasticamente reorientados para o objetivo prioritário de encontrar maneiras de superar a dependência das energias fósseis, já que essa pesquisa energética (atualmente concentrada na energia nuclear) está sendo feita com orçamentos que mal chegam a 5% dos orçamentos da pesquisa militar.²⁹¹

Um dos principais impedimentos para que se tomem atitudes condizentes para enfrentar a verdadeira revolução na matriz energética exigida pelo dilema ambiental atual é a fé incondicional em tecnologias cuja viabilidade não foi sequer comprovada. É o otimismo tecnológico que supõe que a tecnologia dependa apenas da engenhosidade humana e de preços relativos. Além disso, considera que a tecnologia é capaz de promover qualquer substituição necessária. Assim, não percebe os limitantes biofísicos das tecnologias nem a singularidade dos serviços prestados pela natureza, essenciais para a sobrevivência humana, logo, insubstituíveis, mas, sem preço de mercado. Não se trata do otimismo sóbrio da vontade, mas, sim, do otimismo panglossiano típico dos economistas cuja preocupação ambiental se limita aos efeitos que um problema ambiental possa ter no crescimento econômico.

²⁹⁰ José Eli da Veiga & Petterson Molina Vale, "Economia e política do aquecimento global", cit., p. 106.

²⁹¹ *Ibidem*.

Uma questão de valores

Ao escrever sobre as consequências econômicas do aquecimento global, Thomas C. Schelling, economista prêmio Nobel em 2005, afirmou que, como a agricultura representa menos que 3% do PIB dos Estados Unidos, poder-se-ia continuar bem sem ela e ainda ter 97% do PIB. A defesa do crescimento econômico chega a ponto de menosprezar a importância e a singularidade da agricultura ao considerá-la apenas como pequena parcela do PIB.

A agricultura é praticamente o único setor da economia afetado pelo clima, e contribui somente com 3% do produto nacional dos EUA. Se a produtividade agrícola fosse drasticamente reduzida pela mudança climática, o custo de vida aumentaria em 1% ou 2%, e numa época em que a renda *per capita* terá provavelmente dobrado.²⁹²

Há um raciocínio de substituição aqui, ainda que não do mesmo tipo que a substitutibilidade de fatores considerada por Robert Solow, abordada em “Pessimismo da razão”, na seção “Escassez e crescimento”. O raciocínio de substituição nesse caso está relacionado às atividades que compõem o PIB. Assim, uma dimensão do erro inerente a esse tipo de exercício é tratar todas as partes do PIB como substitutas.²⁹³ A ideia é que, se o PIB diminuísse 3% devido a um colapso na agricultura, não seria nenhum problema se ele aumentasse simultaneamente 3% devido a um crescimento nas tecnologias de informação. Nesse raciocínio, não há nenhuma distinção entre os tipos de bens e serviços que geram utilidade para o consumidor. É verdade que a agricultura é responsável por apenas 3% do PIB americano, mas são exatamente esses 3% que possibilitam os outros 97%. É por isso que a agricultura é considerada produção primária.

O mesmo argumento é usado em relação à energia. Uma vez que a indústria do petróleo representa apenas 1% do produto econômico global, a energia representa apenas 5% dos custos de produção, o custo energético como percentagem do PIB está declinando, tal recurso não seria tão importante. É o mesmo que dizer que, como o coração humano representa apenas 5% do peso do corpo, pode-se viver sem ele. A redução a valores monetários faz com que

²⁹² Thomas C. Schelling, “The Cost of Combating Global Warming”, em *Foreign Affairs*, 76 (6), 1997, p. 9, tradução livre.

²⁹³ Herman E. Daly, “When Smart People Make Dumb Mistakes”, em *Ecological Economics*, 34 (1), 2000, pp. 1-3; John Bellamy Foster, *Ecology Against Capitalism* (Nova York: Monthly Review Press, 2002).

se esqueça de que a energia é um dos fatores mais críticos na história da humanidade.²⁹⁴

Argumentos como o de Schelling revelam não só um desconhecimento da singularidade da produção primária, mas também uma ideologia do crescimento como um fim em si mesmo. Isso fica claro nos modelos utilizados para avaliar o aspecto econômico das mudanças climáticas. O mais utilizado por formuladores de políticas e o mais influente na justificação dos atrasos nas reduções de emissões de gases de efeito estufa tem sido o de William D. Nordhaus.²⁹⁵ O foco do modelo está em descobrir o resultado mais eficiente de quanto se deve emitir. O resultado economicamente eficiente ocorre quando os custos de uma redução adicional de emissões são iguais aos benefícios adicionais de um clima um pouco menos quente.

A utilização dos recursos escassos da sociedade, para tentar mitigar a mudança climática, só é justificada se isso resultar num aumento líquido do produto econômico. A justificação teórica é que assim há possibilidade de melhorar a situação de alguns indivíduos sem piorar a situação de outros. Nesse tipo de abordagem, as únicas consequências da mudança climática que contam são aquelas que afetam o PIB. Como o modelo de Nordhaus se baseia em cenários em que não há surpresa, e sim mudanças previsíveis, os efeitos calculados tendem a ser modestos. Se se considera que a agricultura é praticamente o único setor afetado pelas mudanças climáticas, e ela representa apenas 3% PIB, conclui-se que o impacto econômico do aquecimento global será pequeno.

Implícito no raciocínio de Schelling e Nordhaus está a consideração de que os serviços (que não têm valor monetário) prestados pela natureza à agricultura, com o atual clima, poderiam ser substituídos sem prejudicar a economia. Isso revela um profundo desconhecimento da singularidade da produção agropecuária, que possivelmente tem origem na crença de que a industrialização pode penetrar a produção agropecuária propriamente dita.

Por menor que seja o peso econômico relativo da agropecuária na esfera da produção alimentar, sua singularidade será mantida até o dia em que o homem consiga

²⁹⁴ John M. Gowdy, "Production Theory and Peak Oil: Collapse or Sustainability?", em *International Journal of Transdisciplinary Research*, 1 (1), 2006.

²⁹⁵ William D. Nordhaus, "An Optimal Transition Path for Controlling Greenhouse Gases", em *Science*, 258 (5086), 1992, pp. 1315-1319; William D. Nordhaus, "Global Warming Economics", em *Science*, 294 (5545), novembro de 2001, pp. 1283-4.

encontrar uma fonte de energia necessária à vida que dispense o consumo das plantas e dos animais.²⁹⁶

Tais serviços da natureza incluem as funções de regulação de clima, manutenção de ciclos biogeoquímicos fundamentais para vida e a resiliência²⁹⁷ dos ecossistemas ante os impactos humanos. Apesar de fundamentais, são serviços gratuitos, muito difíceis de terem direitos de propriedade e preços a eles atribuídos, e não podem ser substituídos se os fundos (nesse caso os ecossistemas) forem destruídos.²⁹⁸ Contudo, a maior parte dos serviços da natureza é deixada de lado pela recente e profícua iniciativa do Banco Mundial de estimar o desenvolvimento sustentável dos países.²⁹⁹

Fugindo da associação grosseira entre o crescimento econômico medido pelo PIB e a riqueza das nações, o Banco Mundial³⁰⁰ lançou uma estimativa da riqueza total de um conjunto de países. O desenvolvimento sustentável seria aquele em que a riqueza total de uma sociedade se conserva ou aumenta.

Como as mudanças na riqueza de uma sociedade são análogas à poupança realizada no período, o Banco Mundial estimou a poupança genuína, amplamente definida de modo a incluir as variações não apenas do capital manufaturado, mas também do capital humano e natural. As mudanças no capital natural são obtidas pela soma dos valores da depleção dos combustíveis fósseis e dos minérios, do desmatamento e dos estragos das emissões de CO₂. Assim, a poupança genuína de um país é a soma das variações dos diferentes tipos de capital. Estar numa trajetória sustentável significa que uma economia investe em ativos reprodutíveis as rendas obtidas dos recursos naturais sacrificados. É claro, a ideia de substitutibilidade é essencial para a metodologia da poupança genuína.

²⁹⁶ José Eli da Veiga, *O desenvolvimento agrícola: uma visão histórica* (2ª ed. São Paulo: Edusp, 2007), p. 189.

²⁹⁷ Resiliência é o potencial que uma configuração particular de um sistema tem para manter sua estrutura e função em caso de distúrbios, e a habilidade do sistema se reorganizar quando da mudança causada por distúrbios. (Crawford S. Holling & Brian Walker, "Resilience Defined", em *International Society for Ecological Economics: Internet Encyclopaedia of Ecological Economics*, agosto de 2003, disponível em www.ecoeco.org/pdf/resilience.pdf).

²⁹⁸ Robert U. Ayres, "Cowboys, Cornucopians and Long-Run Sustainability", em *Ecological Economics*, 8 (3), dezembro de 1993, pp. 189-207.

²⁹⁹ Charles C. Mueller, "Sustainable Development: Conceptualizations and Measurement", em *Revista de Economia Política*, 28 (2), abril-junho de 2008.

³⁰⁰ World Bank, *Where is the Wealth of Nations?: Measuring Capital for the 21st Century* (Washington: The World Bank, 2006), disponível em <http://siteresources.worldbank.org/INTEEI/Home/20666132/WealthofNationsconferenceFINAL.pdf>.

O capital natural considerado inclui matérias-primas e alguns ativos naturais para os quais podem ser estimados preços. Contudo, a maior parte dos serviços da natureza é deixada de lado. A abordagem de Nicholas Georgescu-Roegen sobre o processo produtivo pode iluminar esse debate e permite uma avaliação crítica dessa metodologia. O capital natural não é somente uma fonte de fluxos de recursos (energia solar, os minerais e os combustíveis fósseis e os nutrientes do solo) prontos para serem transformados pelo processo produtivo. A natureza, ou capital natural, também é um fundo de serviços, no sentido utilizado por Georgescu.³⁰¹

Os serviços prestados pela natureza não são integrados fisicamente aos produtos, mas são importantes tanto para a produção e o consumo como para a própria manutenção da vida. São, portanto, insubstituíveis, além de não serem passíveis à precificação. E é essa a essência de uma sustentabilidade forte. Apesar da visão mais compreensiva de parte da economia ambiental neoclássica³⁰² em relação ao caráter complementar da natureza *vis-à-vis* os equipamentos construídos pelo homem, sua abordagem da sustentabilidade forte, tratada em “Correntes atuais”, na seção “Economia ambiental”, confia no estabelecimento de preços de mercado para o capital natural. Todavia, existem problemas incontornáveis na mensuração dos diversos atributos e funções do mundo biofísico como um valor monetário. Tendo isso em vista, percebe-se que avaliações de sustentabilidade ambiental devem estar baseadas muito mais nos limites e nos impactos biofísicos do que em indicadores monetários.

O raciocínio sobre sustentabilidade em termos monetários leva à suposição de que a transição energética, que tornará a humanidade independente dos combustíveis fósseis, acontecerá sem rupturas no modo de organização do seu sistema produtivo. Assim, à medida que os preços dos combustíveis fósseis ficarem naturalmente mais elevados devido a sua escassez, as tecnologias alternativas de energia se tornarão viáveis. Não se percebe, nesse raciocínio, as diferenças de qualidade entre os fósseis e as fontes renováveis. Trata-se de uma transição para fontes cuja taxa máxima de utilização não está sob nosso controle.

³⁰¹ John M. Gowdy & Sabine O'Hara, “Weak Sustainability and Viable Technologies”, em *Ecological Economics*, 22 (3), 1997, pp. 239-247; Charles C. Mueller, *Os economistas e as relações entre o sistema econômico e o meio ambiente* (Brasília: Editora da UnB/Finatec, 2007); Charles C. Mueller, “Sustainable Development”, cit.

³⁰² David W. Pearce, *Economic Values and the Natural World* (Cambridge: MIT Press, 1993).

Quanto às mudanças climáticas, as análises monetárias de custo-benefício podem levar à conclusão de que os custos do declínio econômico que as medidas regulatórias causariam superariam qualquer perda imposta pela mudança climática. O otimismo aqui é em relação às perdas causadas pelo aquecimento global, pois só se leva em conta as perdas monetárias. Quem compartilha desse otimismo é contra as restrições quantitativas às emissões. Argumenta-se que, se o preço do carbono estiver certo, o mercado decidirá o nível ótimo de emissões. Contudo, mesmo levando em conta alguns custos sociais e ambientais no preço do carbono, é impossível dar um valor monetário para muitas das potenciais perdas causadas pelas mudanças climáticas.

Um importante porta-voz desse tipo de otimismo é Bjorn Lomborg,³⁰³ ex-militante do Greenpeace, que agora se considera um ambientalista cético. Lomborg assumiu a importante missão de trazer estatísticas sobre cada uma das questões ambientais, para relativizar certas ladainhas já estabelecidas. Contudo, suas conclusões são baseadas em visões que supõem a substitutibilidade da natureza pelo capital construído, como a visão de Solow – abordada em “Pessimismo da razão”, na seção “Escassez e crescimento” – e em análises custo-benefício, como aquelas realizadas por Nordhaus sobre os efeitos do aquecimento global.

Lomborg argumenta que quem é a favor de intervenções e restrições quantitativas às emissões, na verdade, estaria superestimando dramaticamente os danos do aquecimento global à economia e subestimando o custo de se fazer alguma coisa contra o aquecimento. “A maioria dos estudos econômicos mostra que os danos do clima serão de aproximadamente 3% do PIB mundial no final do século.”³⁰⁴

Os cálculos de custo-benefício, nos quais se baseiam os argumentos de Lomborg, enfrentam todos os problemas do economicismo, tão caro ao tratamento de questões complexas que envolvem juízos de valores sobre o futuro. Essa é a principal razão da dificuldade de se pensar proposições relacionadas à sustentabilidade: a incomensurabilidade de valores. Nem tudo o que importa pode ser medido como uma unidade de valor apenas.³⁰⁵

³⁰³ Bjorn Lomborg, *O ambientalista cético: medindo o verdadeiro estado do mundo* (Rio de Janeiro: Campus, 2002).

³⁰⁴ Bjorn Lomborg, “Não faz sentido gastar bilhões para combater a mudança climática”, em *Revista Exame*, por Ana Luiza Herzog, edição 0914, 20-3-2008.

³⁰⁵ Silvio O. Funtowicz & Jerome R. Ravetz, “The Worth of a Songbird: Ecological Economics as a Post-Normal Science”, em *Ecological Economics*, 10 (3), agosto de 1994, pp. 197-207; Silvio Funtowicz & Jerome Ravetz, “Post-Normal Science”, em *International Society for Ecological*

É possível determinar um preço para a vida humana, o ecossistema, ou o clima? Decisões que envolvem o futuro da humanidade são em primeiro lugar decisões morais. Certos julgamentos dependem dos valores da sociedade, de como diferentes alternativas são comparadas e das preferências sobre tais alternativas. A economia como ciência que estuda a sociedade parte de certos valores, que infelizmente são raramente explicitados. Lomborg, o ambientalista cético, esqueceu-se de se questionar se a análise custo-benefício convencional é suficiente para avaliar as possibilidades de políticas. O dano aos ecossistemas e a perda de vidas humanas não entram no cálculo justamente por não terem preço.

O sistema de valores dos economistas tem como elementos fundamentais a crença de que a tecnologia será capaz de substituir insumos e serviços da natureza por insumos e capital construídos e a ideia de soberania do consumidor aliada à redução de todo valor a uma unidade monetária comensurável. Soberania do consumidor significa que os indivíduos são os melhores juízes de seu próprio bem-estar – querem o que é bom para eles. Claro, pressupõe-se que os indivíduos tenham conhecimento perfeito do mundo e que suas preferências sejam reveladas no ato da compra, não importando, portanto, como são formadas culturalmente. As pessoas escolhem o que elas querem e o que querem é revelado pelas escolhas que fazem.³⁰⁶

O que é levado em conta é o valor de mercado das escolhas, e assim se supõe que haja substitutibilidade de todos os bens e serviços que provêm utilidade para o consumidor. Tudo estará bem e ocorrendo de maneira sustentável se os indivíduos do futuro consumirem a mesma, ou maior, quantidade de bens e serviços que a geração atual, mesmo que tenham de respirar um ar poluído, suportar temperaturas mais elevadas e sobreviver com uma variedade menor de alimentos.

Tendo em vista a relação de complementaridade entre o capital natural e o capital manufaturado, surge um dilema sobre a obrigatoriedade moral de se deixar capital natural em quantidade e qualidade suficientes para as próximas gerações. E esse dilema surge a partir do momento em que as sociedades têm de fazer escolhas. Deve-se produzir e consumir menos agora para que as

Economics: *Internet Encyclopaedia of Ecological Economics*, fevereiro de 2003, disponível em: <http://www.ecoeco.org/pdf/pstnormsc.pdf>; John M. Gowdy & Jon D. Erickson, "The Approach of Ecological Economics", em *Cambridge Journal of Economics*, 29 (2), 2005, pp. 207-222; Juan Martínez-Alier, *O ecologismo dos pobres: conflitos ambientais e linguagens de valoração* (São Paulo: Contexto, 2007).

³⁰⁶ John Gowdy & Jon D. Erickson, "The Approach of Ecological Economics", cit.

próximas gerações tenham acesso a esse capital natural? Essa pode ser considerada uma questão de escolha intertemporal, em que não se sabe quem serão os beneficiários ou prejudicados do futuro, ou ao menos se existirão.

A escolha intertemporal é uma troca voluntária que um indivíduo faz consigo mesmo. É a escolha entre usufruir de algum valor agora e pagar depois, ou postergar o desfrute de algum valor e colher um benefício adicional depois. Enquanto o juro é o valor adicional que se paga ou recebe por aquilo que se tomou ou cedeu hoje, o desconto é o valor daquilo que se pagará ou receberá amanhã, caso aquilo fosse tomado ou cedido hoje. Desconto é o inverso do juro, o valor futuro transportado para o presente.³⁰⁷

O instrumento utilizado pelos economistas para avaliar o valor futuro é a chamada taxa de desconto. Uma taxa de desconto positiva para a preferência intertemporal dos agentes econômicos, que é consistente com o comportamento observado, é uma das forças básicas que encurtam o horizonte temporal dos modelos econômicos.³⁰⁸

Se para um indivíduo há sentido em raciocinar descontando o futuro, para uma entidade virtualmente imortal como uma nação, ou a espécie humana, descontar o futuro é mais problemático. Para a sociedade, descontar o futuro significa que ela prefere usufruir de alguns valores no presente e pagar a conta depois. Contudo, no horizonte temporal relevante para a sustentabilidade ambiental do desenvolvimento, não são os mesmos indivíduos que pagarão a conta. Quem a pagará são as gerações futuras.

A relação entre a qualidade de vida e as liberdades de uma geração com as das gerações seguintes é o cerne do ideário do desenvolvimento sustentável. Por isso, essa questão extrapola o horizonte temporal da vida de um indivíduo, que é o horizonte considerado nos modelos econômicos, como o de Joseph E. Stiglitz.³⁰⁹ “Pois os indivíduos perecem, mas a sociedade a que pertencem – obra aberta que une na mesma trama os valores dos mortos, dos vivos e dos que estão por vir – segue em frente.”³¹⁰

Assim, se a questão do desenvolvimento sustentável é, de um lado, a dos limites e impactos biofísicos do crescimento material, de outro, também é uma

³⁰⁷ Eduardo Giannetti, *O valor do amanhã* (São Paulo: Companhia das Letras, 2005).

³⁰⁸ João R. Sanson, “Ethics, Politics, and Nonsatiation Consumption: a Synthesis”, em *Economía*, 8 (1), 2007, pp. 1-20.

³⁰⁹ Joseph E. Stiglitz, “A Neoclassical Analysis of the Economics of Natural Resources”, em Vincent Kerry Smith, *Scarcity and Growth Reconsidered* (Baltimore: John Hopkins University Press, 1979), pp. 36-66; Joseph E. Stiglitz, “Georgescu versus Solow/Stiglitz”, em *Ecological Economics*, 22 (3), setembro de 1997, pp. 269-270.

³¹⁰ Eduardo Giannetti, *O valor do amanhã*, cit., p. 278.

questão de como a sociedade valora as gerações futuras que estão distantes no tempo. Se a atenção aos limites biofísicos leva a conclusão de que se deve estabilizar ou diminuir o nível de consumo de recursos naturais, isso pressupõe uma mudança de valores e atitudes que parece ir na contramão do comportamento dos agentes econômicos atuais. Para que as sociedades afluentes aceitem restrições ambientais que envolvam sacrifícios em benefício de populações de outros países e/ou de gerações de um futuro longínquo, é necessário um sentimento altruísta que induza tais atitudes solidárias.³¹¹

Para Ignacy Sachs,³¹² proponente do termo “ecodesenvolvimento” nos anos 1970 e um dos pioneiros no estudo da sustentabilidade ambiental do desenvolvimento, o desenvolvimento sustentável depende primeiro de uma solidariedade sincrônica com a geração atual. Se para boa parte dos ambientalistas a ênfase está na necessidade de reduzir o volume do consumo material, para Sachs³¹³ o entrave principal está nas abissais desigualdades sociais. A partilha justa do ter é condição *sine qua non* da ideia de desenvolvimento sustentável. Entretanto, a sustentabilidade ambiental do desenvolvimento depende de uma solidariedade diacrônica com as gerações futuras. O arcabouço teórico da economia convencional não dá conta desse tipo de desafio, uma vez que este exige que se pense em escalas múltiplas de tempo e espaço e que se considere as eficiências ecológica e social, além da econômica.

Não se pode descartar que a mudança de atitudes com relação às gerações futuras ocorra de maneira semelhante às mudanças na área trabalhista, com a introdução de uma série de restrições à exploração, na forma de leis e regulações diversas. A abolição das restrições de caráter religioso, estético, cultural e social caracterizou a ascensão das sociedades capitalistas modernas e a predominância da racionalidade econômica. O uso dos recursos humanos e naturais passaria a ter quase nenhum controle social, gerando grande reação de movimentos socialistas e sindicais. Aos poucos, foram sendo introduzidas

³¹¹Ademar Ribeiro Romeiro, “Desenvolvimento sustentável e mudança institucional: notas preliminares”, em *Econômica*, vol. 1, 1999; Ademar Ribeiro Romeiro, “Economia ou economia política da sustentabilidade”, em Peter H. May, Maria Cecília Lustosa e Valéria da Vinha (orgs.), *Economia do meio ambiente: teoria e prática* (Rio de Janeiro: EcoEco/Campus, 2003), pp. 1-29.

³¹²Ignacy Sachs, *Caminhos para o desenvolvimento sustentável* (Rio de Janeiro: Garamond, 2002).

³¹³Ignacy Sachs, “A revolução energética do século XXI”, cit.

restrições à exploração do trabalho, como a limitação da jornada de trabalho, proibição do trabalho infantil, salário-mínimo, férias remuneradas, etc.³¹⁴

O pessimismo da razão, contudo, enxerga maiores obstáculos a esse tipo de mudança de valores. Diferentemente da luta por melhores condições de trabalho, em muitos casos não são as gerações atuais que se beneficiam ou que se beneficiarão com as atuais restrições ambientais.

Há uma propensão humana de descontar o valor futuro. Essa propensão resulta, entre outras coisas, da certeza da morte, da incerteza em relação à duração exata da vida e da limitação no que diz respeito à racionalidade humana.³¹⁵ Se um indivíduo desconta o valor futuro ao tomar uma decisão de consumo no presente, o que dizer da postura de uma coletividade ante o valor futuro que está muito além do fim das vidas individuais? Há, portanto, uma tendência de agir de maneira míope, visando um interesse de curto prazo, já que quem sofrerá as consequências são indivíduos que sequer serão conhecidos por aqueles de hoje.

A questão é saber se os desejos subjetivos e os excessos da geração atual devem pesar mais que a liberdade das gerações futuras de possuírem capital natural em quantidade e qualidade adequadas. Por mais que seja consistente com o comportamento observado, a propensão dos economistas de descontar o valor futuro em seus modelos acaba tornando a depleção do capital natural irrelevante para a geração presente.

Georgescu e o desenvolvimento sustentável <2>

Recentemente foi feita uma crítica explícita ao pensamento de Georgescu, considerando-o indutor de conclusões errôneas e reacionárias sobre o futuro da humanidade. David Schwartzman³¹⁶ crê que uma economia mais desmaterializada, funcionando com base em tecnologias solares e que recicle os materiais dissipados, seria não só desejável, mas também totalmente viável.

³¹⁴ André Gorz, *Capitalisme, socialisme, écologie* (Paris: Galilée, 1991); Ademar Ribeiro Romeiro, "Desenvolvimento sustentável e mudança institucional", cit.; Ademar Ribeiro Romeiro, "Economia ou economia política da sustentabilidade", cit.

³¹⁵ Eduardo Giannetti, *O valor do amanhã*, cit.

³¹⁶ David Schwartzman, "Solar Communism", em *Science & Society*, 60 (3), 1996; David Schwartzman, "The Limits to Entropy: the Continuing Misuse of Thermodynamics in Environmental and Marxist Theory", em *Science & Society*, 72 (1), 2008.

Schwartzman,³¹⁷ que defende o comunismo solar como utopia a ser perseguida, argumenta que a visão de Georgescu é equivocada nos seguintes pontos:

1) Teria assumido a Terra como sistema isolado e, portanto, ignorado o potencial de aproveitamento humano direto do enorme fluxo de energia solar, através de tecnologias de ponta. Assim, sua visão sobre a dissipação de materiais pelo processo econômico estaria levando a conclusões falsas sobre as possibilidades de reciclagem e solarização da economia.

2) Estaria no mesmo barco que James Lovelock, preocupado unicamente com o tamanho da população mundial. Lovelock considera que a raiz dos problemas ambientais está na falta de restrições ao crescimento populacional. Para ele, o número de habitantes do planeta, que ele chama de Gaia, é insustentável a 6 bilhões. Propõe que a população mundial seja estabilizada a menos de um bilhão de habitantes. Vê a última chance de salvar Gaia na utilização da energia nuclear e na promoção de alimentos sintéticos, o que permitiria encolher a agricultura, já que “os ecossistemas naturais da Terra não existem para serem transformados em terra cultivável, mas para conservar o clima e a química do planeta”.³¹⁸

3) O conceito de entropia tem sido muito mal utilizado desde sua popularização por Jeremy Rifkin e Ted Howard.³¹⁹ Por ter escrito o posfácio do livro de Rifkin e Howard, Georgescu endossa a banalização do termo, que tem servido para defender ideologias antidesenvolvimento e até mesmo antiprogresso e antitecnologia. No trabalho de Rifkin e Howard, o conceito de entropia foi estendido para um sem número de significados: indicador de poluição, desordem cósmica, o resultado inexorável de qualquer atividade econômica, a mãe da ecocatástrofe, etc.

Ao contrário de um raciocínio fatalista, ou puramente biofísico, Schwartzman³²⁰ lembra que o desafio da sustentabilidade ambiental global envolve mudanças radicais de caráter político e econômico, entre elas a desmilitarização, a solarização da base energética e a agroecologia.

³¹⁷ David Schwartzman, “Solar Communism”, em *Science & Society*, 60 (3), 1996

³¹⁸ James Lovelock, *A vingança da Gaia* (Rio de Janeiro: Intrínseca, 2006), p. 24.

³¹⁹ Jeremy Rifkin & Ted Howard, *Entropy: a New World View* (Nova York: Viking Press, 1980).

³²⁰ David Schwartzman, “The Limits to Entropy”, cit.

A visão de Georgescu de como a economia se relaciona com a natureza permite uma avaliação crítica dos mitos de salvação ecológica (como esse do comunismo solar de Schwartzman), que representam o excesso de otimismo de alguns segmentos da sociedade, assim como uma elucidação dos reais dilemas com os quais a humanidade se defronta. Georgescu mostrou-se crítico tanto com a possibilidade de crescimento econômico irrestrito quanto com as ideias presentes em algumas posições ambientalistas para melhorar o ambiente ou evitar a destruição de recursos exauríveis.

Em primeiro lugar, Georgescu não considerou a Terra como um sistema isolado. Como ficou claro em “Pessimismo da razão”, na seção “O novo Prometeu”, a tecnologia de utilização direta da energia solar representa a maior saída para o problema entrópico da humanidade, por depender de fonte virtualmente infinita para os humanos e por ser considerada limpa. Ele chamou atenção, sim, para o fato de que tal salto tecnológico não é nem um pouco trivial, pois se trata de fonte de energia muito menos densa que os combustíveis fósseis, o que torna a captura direta dependente de grandes quantidades de materiais e infraestrutura. Além disso, a reciclagem dos materiais dissipados pelo processo industrial exigiria uma quantidade crescente de energia solar entrando no sistema econômico. Isso levaria a supor que a eficiência melhoraria continuamente se fosse capturada quantidade cada vez maior da energia que chega a Terra.

Em segundo lugar, Georgescu bem sabia que o problema ambiental não era a destruição do planeta pelos humanos. O planeta passou muito bem sem a presença humana durante a maior parte de sua existência e continuará a existir mesmo se a espécie humana for extinta. A razão de proteger o meio ambiente é proteger a espécie humana. As sociedades que estão por vir precisarão de um suporte de recursos naturais para ter qualidade de vida. A espécie humana está no topo da escala de espécies que aumentam a entropia, ou seja, que dissipam energia e matéria. Como são os seres humanos os animais viciados no conforto proporcionado pelos instrumentos exossomáticos, a crise é para a própria humanidade.

Assim, não há por que comparar seu pensamento com o de Lovelock, da teoria Gaia. Para Georgescu, não se trata de reduzir a um número ideal a população mundial. Nunca perdeu de vista que a questão dos problemas ambientais depende do nível de utilização dos recursos. E, ao contrário de defender a

promoção de alimentos sintéticos, Georgescu³²¹ antecipou o passo seguinte da humanidade na luta contra o processo entrópico: a utilização da agricultura para fins energéticos.

Por fim, Georgescu não era nenhum ideólogo antidesenvolvimento, antiprogresso ou antitecnologia. Foi cuidadoso no tratamento da noção de entropia, evitando associá-la à ideia subjetiva de desordem. Contudo, o fato de ter escrito o pós-fácio do livro de Rifkin pode, sim, ter ajudado a queimar seu próprio filme.

Georgescu fez poucas proposições normativas. Não estava tão preocupado em apontar soluções e caminhos, mas muitos se surpreenderiam com os poucos por ele apontados. Quem insiste na necessidade de mudanças radicais, como a desmilitarização, a solarização e a agroecologia, não deveria perder de vista a proposta radical de Georgescu para conservar os recursos naturais, especialmente os exauríveis.

Georgescu³²² propôs um programa de austeridade, um freio ao crescimento, para ser aplicado primeiro às economias avançadas. O Programa Bioeconômico Mínimo listava os seguintes pontos:

- 1) A produção de todos os instrumentos de guerra deveria ser proibida.
- 2) Os países não desenvolvidos devem ter ajuda dos países desenvolvidos para chegarem a um patamar de qualidade de vida.
- 3) A humanidade deveria gradualmente reduzir sua população até o nível em que pudesse ser alimentada apenas por agricultura orgânica.
- 4) Até que o uso direto da energia solar seja viável e generalizado, todo desperdício de energia deve ser evitado.
- 5) As pessoas devem se livrar da sede por bugigangas extravagantes como, por exemplo, carrinhos de golfe.
- 6) As pessoas devem se livrar da moda. É uma doença jogar fora um casaco ou um móvel, enquanto ainda podem ser usados. Trocar de carro todo ano,

³²¹ “Mas a verdade [...] também expõe a futilidade do orgulho humano de alguns acadêmicos ao descobrirem que, por volta de 2000, talvez sejamos capazes de alimentar as pessoas com proteínas derivadas de petróleo bruto e, assim, resolver o problema da população totalmente e para sempre. Apesar de essa transformação ser muito provável, podemos ter certeza de que, talvez até antes do que se acredita, o homem terá que orientar sua tecnologia na direção oposta – para obter gasolina do milho, se ainda for necessário, e usando máquinas de combustão interna.” (Nicholas Georgescu-Roegen, *The Entropy Law and the Economic Process* (Cambridge: Harvard University Press, 1971), p. 21, tradução livre.)

³²² Nicholas Georgescu-Roegen, “Energy and Economic Myths”, em Nicholas Georgescu-Roegen, *Energy and Economic Myths. Institutional and Analytical Economic Essays* (Nova York: Pergamon, 1976).

então, é um crime bioeconômico. Se os consumidores se reeducassem para desprezar a moda, os produtores focariam na durabilidade.

7) Relacionado ao último ponto, é necessário que os bens duráveis sejam ainda mais duráveis e que sejam desenhados para serem consertáveis.

8) É preciso perceber que um importante pré-requisito para uma vida com qualidade é uma quantidade substancial de lazer vivida de maneira inteligente.

Georgescu não era ingênuo e sabia que dificilmente a humanidade daria importância para qualquer restrição ao conforto material. Para ele, talvez o destino da humanidade seja ter uma vida breve, mas excitante, e não uma vida longa sem grandes emoções.³²³ Claro, esse é um dilema a partir do qual a humanidade poderá fazer escolhas. E daí a importância do pensamento de Georgescu, que rejeita fórmulas mágicas que digam quanto deve ser reduzido no consumo. Trata-se de uma questão fundamentalmente ética.

Ao contrário do que possa parecer, Georgescu não era fatalista. Tanto é que, para ele, sequer se pode estar no domínio econômico se não se considerar que as pessoas agem com propósitos. Seu programa bioeconômico, na verdade, revela sua visão institucional do problema ambiental. Não acreditava que o progresso tecnológico e o mecanismo de preços pudessem resolver todos os problemas. A ética e os valores de uma sociedade é que determinam o comportamento dos indivíduos e eventualmente os preços no mercado. Crescimento econômico baseado na produção de armas, por exemplo, não era compatível com sua visão bioeconômica.

Um evento ocorrido em 1973 pode ajudar a entender a visão de Georgescu sobre o papel dos economistas na sociedade, assim como a causa de seu banimento dessa comunidade. Em assembleia realizada no final do encontro da American Economic Association, leu e pediu que o manifesto “Towards a Human Economics” fosse transcrito em ata. O manifesto tinha sido lançado alguns meses antes por um projeto chamado Dai Dong, que reunia cientistas e acadêmicos do mundo para estudar questões relacionadas à guerra, ao meio ambiente e à pobreza no mundo.

³²³ “Será que a humanidade dará atenção a qualquer programa que implique uma constrição de seu conforto exossomático? Talvez o destino dos homens seja ter uma vida curta, mas vigorosa, uma existência excitante e vertiginosa, em vez de monótona e vegetativa. Deixemos outras espécies – as amebas, por exemplo – que não têm ambições espirituais herdarem uma terra ainda muito banhada de sol.” (*Ibid.*, tradução livre, p. 35.)

Nesse manifesto, publicado como apêndice em letras de corpo mínimo na edição de maio de 1974 da *American Economic Review*,³²⁴ Georgescu dizia aos economistas que saíssem do seu isolamento e que conversassem com especialistas de outras áreas para assim assumirem seu papel na gestão do lar Terra. Também expôs nessa declaração o papel da economia enquanto ciência. As heresias imperdoáveis estavam nas afirmações de que o propósito da economia deveria ser o controle racional sobre o processo de desenvolvimento, de modo que este servisse às reais necessidades humanas, em vez da expansão dos lucros, das guerras e do prestígio nacional, e de que era necessário substituir o ideal de crescimento por uma visão em que a produção e o consumo fossem subordinados aos objetivos de sobrevivência e justiça.

Se a celeuma e o resultado desse evento revelaram o desprezo que os economistas nutriam pela problemática ambiental, imagine a reação dos profissionais da economia ao lerem poucos anos mais tarde, nos escritos de Georgescu, que um dia a economia será absorvida pela ecologia.

Mesmo os economistas que se interessaram pela problemática ambiental não podiam simplesmente aceitar suas teses. Como abrir mão da defesa do crescimento econômico que é o objetivo supremo de qualquer política econômica? Georgescu tinha claro que o objetivo não era esse e, para completar, decretou a morte do processo econômico ao dizer que um dia ele será decrescente e que vai convergir para o aniquilamento³²⁵.

E talvez seja justamente pela força e pelo choque que causa o termo decrescimento, que um movimento de crítica radical ao economicismo e à ideologia do crescimento vem se apropriando dele e popularizando-o, principalmente na Europa. Assim, o termo “decrescimento” tem ganho cada vez mais espaço no debate acadêmico e político. Uma coletânea de artigos de Georgescu já havia sido publicada em francês, em 1979, com o título *La*

³²⁴ Nicholas Georgescu-Roegen, “Towards a Human Economics”, em *American Economic Review*, 64 (2), 1974, p. 449.

³²⁵ Nicholas Georgescu-Roegen, “Energy and Economic Myths”, em Nicholas Georgescu-Roegen, *Energy and Economic Myths*, cit., pp. 3-36. Nicholas Georgescu-Roegen. “The Steady State and Ecological Salvation: a Thermodynamic Analysis”, em *BioScience*, 27(4), 1977, pp. 266-270.

Décroissance: entropie, écologie, économie, quando surgiu o movimento. Em 1995 saiu a 2ª edição, com versão eletrônica disponível.³²⁶

Desde 2004, o termo tem se tornado um verdadeiro *slogan* político de crítica ao desenvolvimento e à ideologia do crescimento. Os principais porta-vozes do movimento insistem que não se trata de crescimento negativo do PIB. O movimento pretende libertar o imaginário coletivo da esfera do econômico. É um projeto positivo de sociedade baseado numa crítica radical, não só ecológica, mas principalmente cultural do estado de coisas atual. É por isso que Serge Latouche,³²⁷ um dos expoentes do movimento, afirma que o *slogan* mais adequado seria a-crescimento, como a-teísmo.

Na França, já existe um jornal chamado *La Décroissance*,³²⁸ com subtítulo “Le journal de la joie de vivre”. A expressão “*joie de vivre*” [alegria de viver] foi utilizada por Georgescu para denominar o objetivo do processo econômico, aquilo que, em “Outro paradigma”, na seção “Entropia e atividade econômica”, foi chamado de fluxo imaterial de bem-estar. Há também o Instituto de Estudos Econômicos e Sociais para o Decrescimento Sustentável,³²⁹ e muito recentemente, em 2006, apareceu o partido político Parti Pour La Décroissance (PPLD).³³⁰

O periódico *Entropia*, que teve início em 2006, é mais um espaço de debate sobre o que significa decrescimento e quais ações políticas e mudanças institucionais são necessárias na transição para uma sociedade em decrescimento. O termo já se internacionalizou e em inglês é *degrowth*. A primeira conferência internacional sobre *degrowth*³³¹ ocorreu em Paris, em 2008, e curiosamente reuniu muitos economistas ecológicos importantes, entre os quais Juan Martínez-Alier, Philp A. Lawn e o presidente atual da Sociedade Internacional de Economia Ecológica, Peter May. A expressão desenvolvimento sustentável não é levada a sério pelos adeptos do decrescimento, pois consideram que ela contém a ideia de crescimento.

³²⁶ Nicholas Georgescu-Roegen, *La Décroissance: Entropie, écologie, économie* (2ª ed. Paris: Éditions Sang de la terre, 1995), disponível em: http://classiques.uqac.ca/contemporains/georgescu_roegen_nicolas/dcroissance/la_dcroissance.pdf.

³²⁷ Serge Latouche, “La Décroissance: un projet politique”, em *Entropia: Revue d'étude théorique et politique de la décroissance*, nº 1, 2006.

³²⁸ La Décroissance. Disponível em www.ladecroissance.net.

³²⁹ Institut D'études Économiques et Sociales pour la Décroissance Soutenable. Disponível em www.dcroissance.org.

³³⁰ Parti Pour La Décroissance. Disponível em www.partipourladecroissance.net.

³³¹ Decroissance Economique pour la Soutenabilite Ecologique et L'equite Sociale, Conference on Economic De-Growth for Ecological Sustainability and Social Equity, Paris, 18-19 de abril de 2008, disponível em <http://events.it-sudparis.eu/degrowthconference/themes>.

No final da vida, Georgescu³³² também revelou seu profundo ceticismo quanto ao novíssimo valor, que já havia ganho alguma popularidade. Para ele, o termo desenvolvimento sustentável era um tipo de consolo, útil apenas para desviar a atenção dos verdadeiros problemas, como a diferença existente entre os países ricos e pobres, os problemas da poluição e a futura sobrevivência da espécie humana. A expressão esconderia a falsa ideia de que o crescimento econômico pode ser sustentado indefinidamente, promovendo um otimismo insensato, porém lucrativo.

³³² Nicholas Georgescu-Roegen, "Thermodynamics and We the Humans", em Juan Martínez-Alier & Eberhard K. Seifert (orgs.), *Entropy and Bioeconomics* (Milão: Nagard, 1993), pp. 184-201; Nicholas Georgescu-Roegen, "Looking Back", em Juan Martínez-Alier & Eberhard K. Seifert (orgs.), *Entropy and Bioeconomics*, cit., pp.11-21.

Conclusão

Ao se justificar por não utilizar a expressão paradigma, Mark Blaug³³³ afirma que a história da ciência econômica não fornece exemplos de ideias científicas internamente consistentes, corroboradas, frutíferas e poderosas que tenham sido rejeitadas numa época específica. Será isso verdadeiro? Se Georgescu realmente antecipou questões que hoje preocupam a sociedade, no que diz respeito à sustentabilidade ambiental do desenvolvimento, por que suas ideias científicas não foram levadas a sério?

O banimento de Georgescu parece ter sido um caso de ideias científicas internamente consistentes, frutíferas e poderosas que foram rejeitadas numa época específica. Ele ofereceu uma alternativa à visão convencional do que é e como funciona a economia. Mostrou as restrições na maneira como o processo econômico é visto: como uma máquina, em que as mudanças qualitativas não são levadas em conta nem por quem se propõe a estudar sua dinâmica. Ele mostrou que a economia é um processo evolucionário desde suas características físicas, que se desdobra no tempo e é irreversível. Criticou a visão mecânica que se tinha e ainda tem da economia, apresentando uma nova visão sobre seu funcionamento. Trata-se de um processo aberto e unidirecional.

Georgescu sequer usou a expressão sistema, pois queria enfatizar que a economia ocorre no tempo histórico. Tal processo requer entrada de energia e materiais e tem uma saída inevitável de resíduos. Nenhuma outra escola de pensamento considerou a economia como um sistema aberto nesse mesmo sentido material. Por isso, sua visão constitui realmente um rompimento com o paradigma da economia, no próprio sentido dado por Thomas S. Kuhn ao termo (ver “Pensamento Econômico”, seção “O paradigma”). Apesar de todas as divergências entre as diversas escolas de pensamento econômico – dos marxistas aos neoclássicos, dos keynesianos aos shumpeterianos, passando pelos institucionalistas, etc. –, todas elas compartilham uma visão de sistema econômico isolado do ambiente natural.

Não podia ser diferente, pois a própria origem da economia como a ciência que estuda o funcionamento de um sistema econômico, desde os fisiocratas, focou-se na circulação de mercadorias. Assim, a visão do sistema econômico circular e fechado orientou as mais diversas escolas e teorias, muitas vezes antagônicas entre si. Nesse sentido, todas estão sob um mesmo guarda-chuva, o paradigma mecânico. Desde que a economia se tornou uma ciência autônoma e economista, uma profissão, a primeira revolução científica, dentro da abordagem Kuhn, foi esta, sair do paradigma

³³³ Mark Blaug, “Kuhn *versus* Lakatos ou paradigmas *versus* programas de pesquisa na história da economia”, em Ana Maria Bianchi (org.), *Metodologia da economia: ensaios* (São Paulo: Instituto de Pesquisas Econômicas da Faculdade de Economia e Administração da Universidade de São Paulo, 1988), p. 31.

que delimitava as fronteiras do processo econômico onde a circulação de bens e serviços com valores monetários podia ser observada.

A incompatibilidade epistemológica com a economia, que Georgescu ousou chamar de convencional, fez com que a comunidade dos economistas o isolasse cada vez mais. A consideração da lei da entropia no raciocínio econômico forçaria a revisões profundas no corpo teórico convencional, a começar pela representação básica do funcionamento da economia. Não seria mais possível apresentar o diagrama do fluxo circular como exemplo compartilhado pelos economistas. Além disso, como um cavalo de Troia, a noção de entropia tem implicações epistemológicas drásticas para todo o edifício teórico, como fica claro nas pesquisas de economia e complexidade.

Diferentemente da preocupação convencional, Georgescu não estava interessado nos valores monetários que circulam dentro do processo econômico, e sim naquilo que cruza as fronteiras do processo. Isso o levou a considerar a economia como um ramo da ecologia, e por isso não pôde evitar o anátema da comunidade dos economistas. Comunidade que foi se dividindo em inúmeras especializações e ganhando cada vez mais prestígio no século XX, chegando a merecer o prêmio Nobel a partir de 1970.

Na época específica em que Georgescu começou a apontar para a íntima relação entre economia e meio ambiente, para os limites biofísicos ao crescimento, e para a incapacidade da economia convencional lidar com essas questões, começava-se a perceber mais claramente os impactos humanos nos ecossistemas, o surgimento de problemas ambientais globais e que seriam necessárias novas abordagens para lidar com os novos problemas. Já engatinhava a percepção de que o crescimento econômico não estava mais gerando o bem-estar geral dos povos já ricos.

A economia, contudo, não tinha a mesma percepção dos problemas, talvez por algum mecanismo de dependência da trajetória. O caminho metodológico e filosófico tomado por essa ciência ainda emulava a física clássica, que ignorava as mudanças qualitativas e irreversíveis. Além disso, os economistas não admitiam discutir valores que não pudessem ser reduzidos a uma medida, a monetária.

Poucos querem ouvir quais são os reais e incontornáveis dilemas da humanidade. Se ainda hoje, para todo e qualquer mal social e econômico, e até mesmo ambiental, os economistas e políticos prescrevem a expansão da economia como principal remédio, condenar o crescimento econômico soa como um delírio. Para piorar, a afirmação de Georgescu de que um dia a humanidade terá de compatibilizar desenvolvimento com retração econômica, ou decrescimento, foi uma heresia não apenas para os economistas otimistas, mas também para ecólogos que não levaram ao limite o raciocínio sobre o papel dos recursos naturais na economia.

Sua crítica às avaliações que só levam em conta a energia utilizada pelo processo econômico, deixando de lado os materiais, por exemplo, pode ter dificultado sua aceitação. Sua quarta lei da termodinâmica sobre a dissipação de materiais não

encontrou respaldo teórico, apesar da importância prática de sua observação. Muitos a consideram como um movimento desnecessário que pode ter gerado desconfiança quanto à sua credibilidade científica.

É difícil aceitar um autor que não tenha soluções mágicas cuja preocupação maior esteja em apontar as causas. Para Georgescu, os que julgam haver uma solução para o problema ecológico acreditam em mitos de salvação. O conflito bioeconômico existirá enquanto existir a espécie humana, por isso não adianta propor estado estacionário ou crescimento zero, sustentabilidade fraca ou sustentabilidade forte, nem mesmo comunismo solar como soluções para os problemas ambientais, pois são apenas promessas.

As ideias consistentes e poderosas de Georgescu foram rejeitadas na sua época. Nesse começo de século XXI, contudo, elas encontram um ambiente muito mais propício à aceitação, seja pela importância que tem sido atribuída às questões ambientais globais, seja pela percepção de que fenômenos complexos não podem ser entendidos com arcabouço científico reducionista, mecânico e estático. Certamente, a crítica cultural à ideologia do crescimento e a politização do termo decrescimento, principalmente na França, ainda levarão muitos intelectuais e militantes à leitura da obra de Georgescu.

O processo de reabilitação do pensamento científico de Georgescu tem ocorrido principalmente na economia ecológica e na economia fora-do-equilíbrio. A primeira, mais consolidada, estuda a relação dos sistemas econômicos com os sistemas ambientais. E a segunda foge da metáfora mecânica que orientou a economia durante todo o século XX. Possivelmente a importância de Georgescu ficará mais clara quando as duas abordagens se aproximarem mais para entenderem a dinâmica da complexa relação entre economia e natureza.

Bibliografia geral

- AMADO, Nilton Bispo. *Energia e desenvolvimento capitalista: o debate em torno das políticas de efficientização*. Dissertação de mestrado. São Paulo: Programa Interunidades de Pós-graduação em Energia (IEE) – USP, 2005.
- AMAZONAS, Mauricio de Carvalho. “Desenvolvimento sustentável e teoria econômica: o debate conceitual nas perspectivas neoclássica, institucionalista e da Economia Ecológica”. Em: NOBRE, Marcos & AMAZONAS, Maurício de C. (orgs.). *Desenvolvimento sustentável: a institucionalização de um conceito*. Parte II. Brasília: Ed. Ibama, 2002.
- ARTHUR, William Brain. “Complexity and the Economy”. Em *Science*, 284 (5411), abril de 1999.
- _____. *Increasing Returns and Path Dependence in the Economy*. Ann Arbor: Michigan University Press, 1994.
- AYRES, Robert U. “Comments on Georgescu-Roegen”. Em *Ecological Economics*, 22 (3), 1997.
- _____. “Cowboys, Cornucopians and Long-Run Sustainability”. Em *Ecological Economics*, 8 (3), dezembro de 1993.
- _____. “Eco-Thermodynamics: Economics and the Second Law”. Em *Ecological Economics*, 26 (2), 1998.
- _____. “The Second Law, the Fourth Law, Recycling and Limits to Growth”. Em *Ecological Economics*, 29 (3), 1999.
- AYRES, Robert & KNEESE, Allen. “Production, Consumption and Externalities”. Em *American Economic Review*, 59(3), 1969.
- BACKHOUSE, Roger E. *História da economia mundial*. Trad. Celso Mauro Paciornik. São Paulo: Estação Liberdade, 2007.
- BARANZINI, Mauro & SCAZZIERI, Roberto. *Foundations of Economics: Structures of Inquiry and Economic Theory*. Nova York: Basil Blackwell, 1986.

- BARNETT, Harold J. & MORSE, Chandler. *Scarcity and Growth: the Economics of Natural Resource Availability*. Baltimore: John Hopkins University Press, 1963.
- BEARD, Randolph & LOZADA, Gabriel A. *Economics, Entropy and the Environment: the Extraordinary Economics of Nicholas Georgescu-Roegen*. Cheltenham: Edward Elgar, 1999.
- BEINHOCKER, Eric D. *The Origin of Wealth: Evolution, Complexity, and the Radical Remaking of Economics*. Boston: Harvard Business School Press/Random House, 2006.
- BIANCHI, Ana Maria (org.). *Metodologia da economia: ensaios*. São Paulo: Instituto de Pesquisas Econômicas da Faculdade de Economia e Administração da Universidade de São Paulo, 1988.
- BIANCIARDI, Carlo; DEGLI ESPINOSA, Paolo; TIEZZI, Enzo. “Ma la materia ha una storia”. Em *Scienza Esperienza*, n. 36, 1986.
- BIANCIARDI, Carlo; TIEZZI, Enzo; ULGIATI, Sergio. “Complete Recycling of Matter in the Frameworks of Physics, Biology and Ecological Economics”. Em *Ecological Economics*, 8 (1), 1993.
- BLAUG, Mark. “Kuhn versus Lakatos ou paradigmas versus programas de pesquisa na história da Economia”. Em: BIANCHI, Ana Maria (org.). *Metodologia da economia: ensaios*. São Paulo: Instituto de Pesquisas Econômicas da Faculdade de Economia e Administração da Universidade de São Paulo, 1988.
- BOCK, Walter J. “Ernst Mayr at 100: a Life Inside and Outside of Ornithology”. Em *The Auk: the American Ornithologists' Union*, 121 (3), julho de 2004.
- BORGES, Renee M. “Polemics and Synthesis: Ernst Mayr and Evolutionary Biology”. Em *Resonance*, 10 (7), julho de 2005. Disponível em <http://www.iisc.ernet.in/academy/resonance/July2005/pdf/July2005p21-33.pdf>
- BOULDING, Kenneth E. “The Economics of the Coming Spaceship Earth”. Em: JARETT, Henry (org.). *Environmental Quality in a Growing Economy*. Baltimore: Resources for the Future/Johns Hopkins University Press, 1966.
- BROWN, Lester R. *Plan B 3.0: Mobilizing to Save Civilization*. Nova York: W.W. Norton, 2008.
- BRUCKERT, Michaël. “Généalogie et circulation du terme de décroissance”. Em *Observatoire du Management Alternatif*, julho de 2007. Disponível

em

http://appli7.hec.fr/amo/upload/AMO_Concept_Decroissance.pdf?PHPS ESSID=68b3a92c21d9d6becff2a694a113faa0.

- BRUE, Stanley L. *História do pensamento econômico*. Trad. Luciana Penteadó Miquelino. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2005.
- BRUNDTLAND, Gro Harlem (org.). *Nosso futuro comum*. São Paulo: Editora da FGV, 1987.
- CARNOT, Nicolas L. Sadi. *Réflexions sur la Puissance Motrice du Feu et sur les Machines Propres a Développer Cette Puissance*. Paris: Chez Bachelier, 1824.
- CLEVELAND, Cutler J. "Energy Quality, Net Energy, and the Coming Energy Transition". Em: ERICKSON, John D. & GOWDY, John M. (orgs.). *Frontiers in Ecological Economic: Theory and Application*. Cheltenham: Edward Elgar, 2007.
- CLEVELAND, Cutler J. & RUTH, Matthias. "When, Where, and by How Much do Biophysical Limits Constrain the Economic Process?: A Survey of Nicholas Georgescu-Roegen's Contribution to Ecological Economics". Em *Ecological Economics*, 22 (3), setembro de 1997.
- COMMON, Michael. *Sustainability and Policy: Limits to Economics*. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.
- CONSTANZA, Robert. "Embodied Energy and Economic Valuation". Em *Science*, 210 (4475), 12-12-1980.
- _____. "Embodied Energy, Energy Analysis, and Economics". Em: DALY, Herman & UMAÑA, Alvaro F. *Energy, Economics and the Environment: Conflicting Views of an Essential Interrelationship*. Boulder: Westview Press, 1981.
- _____. "The Early History of Ecological Economics and the International Society for Ecological Economics (ISEE)". Em *International Society for Ecological Economics: Internet Encyclopaedia of Ecological Economics*, abril de 2003. Disponível em <http://www.ecoeco.org/pdf/costanza.pdf>.
- COTTRELL, William F. *Energy and Society*. Nova York: McGraw-Hill, 1955.
- CRIVELLI, Riccardo. "Hysteresis in the Work of Nicholas Georgescu-Roegen". Em: DRAGAN, Joseph C.; SEIFERT, Eberhard K.; DEMETRESCU, Mihai C. (orgs.). *Entropy and Bioeconomics*. Milão: Nagard, 1993.
- DALY, Herman E. *Beyond Growth: the Economics of Sustainable Development*. San Francisco: Freeman, 1997.

- _____. [Book Review of]: "Economy and Environment: A Theoretical Essay on the Interdependence of Economic and Environmental Systems". Em *The Economic Journal*, 98 (392), setembro de 1988.
- _____. *Ecological Economics*, edição especial, 22 (3), setembro de 1997.
- _____. "Entropy, Growth, and the Political Economy of Scarcity". Em: SMITH, Vincent Kerry. *Scarcity and Growth Reconsidered*. Baltimore: John Hopkins University Press, 1979.
- _____. "Georgescu versus Solow/Stiglitz". Em *Ecological Economics*, 22 (3), setembro de 1997, pp. 267-268.
- _____. "On Economics as a Life Science". Em *Journal of Political Economy*, 76 (3), maio-junho de 1968.
- _____. "Sustentabilidade em um mundo lotado". Em *Scientific American Brasil*, n. 41, outubro de 2005.
- _____. *Towards a Steady-State Economy*. San Francisco: W. H. Freeman, 1973.
- _____. "When Smart People Make Dumb Mistakes." Em *Ecological Economics*, 34 (1), 2000.
- DALY, Herman E. & COBB, John B. Jr. *For the Common Good: Redirecting the Economy Toward Community, the Environment and a Sustainable Future*. Boston: Beacon Press, 1989.
- DALY, Herman E. & FARLEY, Joshua. *Ecological Economics: Principles and Applications*. Washington: Island Press, 2003.
- DALY, Herman E. & TOWNSEND, Kenneth N. (orgs.). *Valuing the Earth: Economics, Ecology, Ethics*. Boston: MIT Press, 1993.
- DARWIN, Charles R. *The Origin of Species by Means of Natural Selection or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*. Londres: John Murray, 1859.
- DASGUPTA, Partha. "Uma abordagem dosada". Em *Scientific American Brasil*, n. 41, outubro de 2005.
- DASGUPTA, Partha & HEAL, Geoffrey M. *Economic Theory and Exhaustible Resources*. Cambridge: Cambridge University Press, 1979.
- DE GLERIA, Silvana. "Nicholas Georgescu-Roegen's Approach to Economic Value: a Theory Based on Nature with Man at its Core". Em: MAYUMI, Kozo & GOWDY, John M. *Bioeconomics and Sustainability: Essays in Honor of Nicholas Georgescu-Roegen*. Cheltenham: Edward Elgar, 1999.

- DEANE, Phyllis. *A evolução das ideias econômicas*. Trad. Mauro Roberto da Costa Souza. Rio de Janeiro: Zahar, 1980.
- Decroissance Economique pour la Soutenabilite Ecologique et L'equite Sociale, Conference on Economic De-Growth for Ecological Sustainability and Social Equity, Paris, 18-19 de abril de 2008, disponível em <http://events.it-sudparis.eu/degrowthconference/themes>.
- DELORME, Robert & HODGSON, Geoffrey M. "Complexity and the Economy: an Interview with W. Brian Arthur". Em: FINCH, John & ORILLARD, Magali. *Complexity and the Economy: Implications for Economic Policy*. Cheltenham: Edward Elgar, 2005.
- DIAMOND, Jared Guns. *Colapso: como as sociedades escolhem o fracasso ou o sucesso*. Rio de Janeiro: Record, 2005.
- _____. *Germs, and Steel: the Fates of Human Societies*. Nova York: W.W. Norton, 1997.
- DRAGAN, Joseph C. & DEMETRESCU, Mihai C. *Entropy and Bioeconomics: the New Paradigm of Nicholas Georgescu-Roegen*. Milão: Nagard, 1986.
- DRAGAN, Joseph C.; SEIFERT, E. K.; DEMETRESCU, Mihai C. (orgs.). *Entropy and Bioeconomics*. Milão: Nagard, 1993.
- DUMONT, Louis. *From Mandeville to Marx: the Genesis and Triumph of Economic Ideology*. Chicago: University of Chicago Press, 1977.
- EDDINGTON, Arthur S. *The Nature of the Physical World*. Cambridge: Cambridge University Press, 1928.
- ELDREDGE, Niles & GOULD, Stephen Jay. "Punctuated Equilibria: an Alternative to Phyletic Gradualism". Em: SCHOPF, Thomas J. M. (org.) *Models in Paleobiology*. San Francisco: Freeman Cooper, 1972.
- ERICKSON, Jon D. & GOWDY, John M. *Frontiers in Ecological Economic: Theory and Application*. Cheltenham: Edward Elgar, 2007.
- FAVARETO, Arilson. *Paradigmas do desenvolvimento rural em questão*. São Paulo: Iglu/Fapesp, 2007.
- FINCH, John & ORILLARD, Magali. *Complexity and the Economy: Implications for Economic Policy*. Cheltenham: Edward Elgar, 2005.
- FOSTER, John Bellamy. *A ecologia de Marx: materialismo e natureza*. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2005.
- _____. *Ecology Against Capitalism*. Nova York: Monthly Review Press, 2002.
- FUNTOWICZ, Silvio O. & RAVETZ Jerome R. "Post-Normal Science". Em *International Society for Ecological Economics: Internet Encyclopaedia of*

- Ecological Economics*, fevereiro de 2003. Disponível em <http://www.ecoeco.org/pdf/pstnormsc.pdf>.
- _____. "The Worth of a Songbird: Ecological Economics as a Post-Normal Science". Em *Ecological Economics*, n. 10 (3), agosto de 1994.
- FURTADO, Celso. *Criatividade e dependência na civilização industrial*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1978.
- _____. *Introdução ao desenvolvimento: enfoque histórico-estrutural*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2000.
- FUSFELD, Daniel R. *A era do economista*. São Paulo: Saraiva, 2001.
- GADREY, Jean & JANY-CATRICE, Florence. *Os novos indicadores de riqueza*. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2005.
- GALA, Paulo & REGO, José Márcio (orgs.). *A história do pensamento econômico como teoria e retórica: ensaios sobre metodologia em economia*. São Paulo: Editora 34, 2003.
- GAL-OR, Benjamin. "Philosophical Problems in Thermodynamics". Em: KUBAT, Libor & ZEMAN, Jiri (org.). *Entropy and Information in Science and Philosophy*. Amsterdã: Elsevier, 1975.
- GIANNETTI, Eduardo. *O valor do amanhã*. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.
- GOLDEMBERG, José *et al.* "Ethanol Learning Curve: The Brazilian Experience". Em *Biomass and Bioenergy*, 26 (3), 2003.
- GORZ, André. *Capitalisme, socialisme, écologie*. Paris: Galilée, 1991.
- GOULD, Stephen Jay. "The Golden Rule: a Proper Scale for Our Environmental Crisis". Em *Natural History*, setembro de 1990.
- GOWDY, John M. "Bioeconomics and Post Keynesian Economics: a Search for Common Ground". Em *Ecological Economics*, 3 (1), 1991.
- _____. *Coevolutionary Economics: the Economy, Society and the Environment*. Dordrecht: Kluwer Academic, 1994.
- _____. "Georgescu-Roegen's Utility Theory Applied to Environmental Economics". Em: DRAGAN, Joseph C.; SEIFERT, Eberhard K.; DEMETRESCU, Mihai C. (orgs.). *Entropy and Bioeconomics*. Milão: Nagard, 1993.
- _____. "Production Theory and Peak Oil: Collapse or Sustainability?". Em *International Journal of Transdisciplinary Research*, 1(1), 2006.
- _____. "Sustainability and Collapse: What Can Economics Bring to the Debate?" Em *Global Environmental Change*, 15 (3), 2005.

- GOWDY, John M. & ERICKSON, Jon D. "The Approach of Ecological Economics". Em *Cambridge Journal of Economics*, 29 (2), 2005.
- GOWDY, John M. & MAYUMI, Kozo. "Reformulating the Foundations of Consumer Choice Theory and Environmental Valuation". Em *Ecological Economics*, 39 (2), 2001.
- GOWDY, John M. & MESNER, Susan. "The Evolution of Georgescu-Roegen's Bioeconomics". Em *Review of Social Economy*, 56 (2), 1998.
- GOWDY, John M. & O'HARA, Sabine. "Weak Sustainability and Viable Technologies". Em *Ecological Economics*, 22 (3), 1997.
- GRAMSCI, Antonio. "Il pessimismo dell'intelligenza e l'ottimismo della volontà". Em: FIORI, Giuseppe. *Vita di Antonio Gramsci*. Bari: Laterza, 1966.
- GROSSMAN, Gene M. & KRUEGER, Alan B. "Economic Growth and the Environment". Em *The Quarterly Journal of Economics*, 110 (2), 1995.
- HIRSCH, Fred. *Social Limits to Growth*. Cambridge: Harvard University Press, 1976.
- HIRSCH, Robert L.; BEZDEK, Roger H.; WENDLING, Robert M. "Peaking of World Oil Production: Impacts, Mitigation, & Risk Management". Em *United States Department of Energy (DOE) National Energy Technology Laboratory (NETL)*, report, fevereiro de 2005. Disponível em http://www.netl.doe.gov/publications/others/pdf/Oil_Peaking_NETL.pdf.
- HODGSON, Geoffrey M. *Economics and Evolution: bringing life back into economics*. Michigan: University of Michigan Press, 1993.
- _____. *Economics in the Shadows of Darwin and Marx: Essays on Institutional and Evolutionary Themes*. Cheltenham: Edward Elgar, 2006.
- _____. *Evolution and Institutions: on Evolutionary Economics and the Evolution of Economics*. Cheltenham: Edward Elgar, 1999.
- HODGSON, Geoffrey M. & KNUDSEN, Thorbjørn. "Why We Need a Generalized Darwinism: and Why a Generalized Darwinism is Not Enough". Em *Journal of Economic Behavior and Organization*, 61 (1), setembro de 2006.
- HODGSON, Geoffrey M. & SCREPANTI, Ernesto. *Rethinking Economics: Markets, Technology and Economic Evolution*. Cheltenham: Edward Elgar, 1991.
- HOLLING, Crawford S. & WALKER, Brian. "Resilience Defined". Em *International Society for Ecological Economics, Internet Encyclopaedia of*

- Ecological Economics*, agosto de 2003. Disponível em <http://www.ecoeco.org/pdf/resilience.pdf>.
- HOTELLING, Harold. "The Economics of Exhaustible Resources". Em *Journal of Political Economy*, 39 (2), abril de 1931.
- IMBODEN, Dieter M. & JAEGER, Carlo C. "Towards a Sustainable Energy Future". Em: ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. *Energy: The Next Fifty Years*. Paris: OECD, 1999. Disponível em <http://www.oecd.org/dataoecd/37/55/17738498.pdf>.
- INTERACADEMY COUNCIL. "Lighting the Way: Toward a Sustainable Energy Future", report. Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences, Amsterdã, outubro de 2007. Disponível em <http://royalsociety.org/downloaddoc.asp?id=4695>.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. "Summary for policymakers". Em: METZ, Bertz *et al.* (orgs.). *Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change*. Contribuição do Working Group III para o *Fourth Assessment Report* do IPCC. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *World Energy Outlook 2007*. Paris: OECD/IEA, 2007, disponível em http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2007/weo_2007.pdf.
- JEVONS, William Stanley. *The Coal Question: an Inquiry Concerning the Progress of the Nation, and the Probable Exhaustion of Our Coal-Mines*. Londres: Macmillan, 1865.
- JONES, Charles. *Introdução à teoria do crescimento econômico*. São Paulo: Campus, 2000.
- KHALIL, Elias L. "Entropy Law and Exhaustion of Natural Resources: Is Nicholas Georgescu-Roegen's Paradigm Defensible?". Em *Ecological Economics*, 2 (2), junho de 1990.
- _____. "Entropy Law and Nicholas Georgescu-Roegen's Paradigm: a Reply". Em *Ecological Economics*, 3 (2), julho de 1991.
- KAPP, William Karl. "A natureza da economia como um sistema aberto e suas implicações". Em: DOPFER, Kurt *et al.* *A economia do futuro: em busca*

- de um novo paradigma. Trad. José Ricardo Brandão Azevedo. Rio de Janeiro: Zahar, 1979.
- _____. *The Social Costs of Private Enterprise*. Cambridge: Harvard University Press, 1950.
- KAUFMANN, Robert K. & CLEVELAND, Cutler J. *Environmental Science*. Debuque: McGraw-Hill, 2007.
- KUHN, Thomas S. *A estrutura das revoluções científicas*. Trad. Beatriz Vianna Boeira e Nelson Boeira. São Paulo: Perspectiva, 1995.
- _____. *The Structure of Scientific Revolutions*, 2ª ed. Chicago: University of Chicago Press, 1970.
- KUZNETS, Simon Smith; MOORE, Wilbert E.; SPENGLER, Joseph J. *Economic growth: Brazil, India, Japan*. Durham: Duke University Press, 1955.
- LAKATOS, Imre. “O falseamento e a metodologia dos programas de pesquisa científica”. Em: LAKATOS, Imre & MUSGRAVE, Alan (org.). *A crítica e o desenvolvimento do conhecimento*. São Paulo: Cultrix, 1979.
- LAVOIE, Marc. “A Post Keynesian Theory of Consumer Choice”. Em *Journal of Post Keynesian Economics*, 16 (4), 1994.
- _____. “Post-Keynesian Consumer Choice Theory for the Economics of Sustainable Forest Management”. Em: KANT, Shashi & BERRY, R. Albert. (orgs.). *Economics, Sustainability, and Natural Resources: Economics of Sustainable Forest Management*. Vol. 1. Berlim: Springer, 2005.
- LATOUCHE, Serge. “La Décroissance: Un projet politique”. Em *Entropia: Revue d'étude théorique et politique de la décroissance*, n. 1, 2006.
- LAWN, Philip A. *Frontier Issues in Ecological Economics*. Cheltenham: Edward Elgar, 2007.
- _____. “On Georgescu-Roegen’s Contribution to Ecological Economics”. Em *Ecological Economics*, 29 (1), 1999.
- LEITE, Rogério Cezar Cerqueira. “Biomassa, a esperança verde para poucos”. Em *Folha de S. Paulo*, 25-2-2005.
- _____. “O fim da era da maldição do petróleo”. Em *Folha de S. Paulo*, 21-8-2005.
- LOMBORG, Bjorn. “Não faz sentido gastar bilhões para combater a mudança climática”. Em *Revista Exame*, por Ana Luiza Herzog, n. 914, 20-3-2008.

- _____. *O ambientalista cético: medindo o verdadeiro estado do mundo*. Trad. Ivo Korytowski & Ana Beatriz Rodrigues. Rio de Janeiro: Campus, 2002.
- LOTKA, Alfred J. "Contribution to the Energetics of Evolution". Em *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States*, 8 (6), 1922.
- _____. *Elements of Mathematical Biology*. Nova York: Dover, 1956.
- LOVELOCK, James. *A vingança da Gaia*. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2006.
- LOZADA, Gabriel A. "A Defense of Nicholas Georgescu-Roegen's Paradigm". Em *Ecological Economics*, 3 (2), 1991.
- _____. "Georgescu-Roegen's Defense of Classical Thermodynamics Revisited". Em *Ecological Economics*, 14 (1), 1995.
- MACEDO, Isaías de C. *A energia da cana-de-açúcar: doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e sua sustentabilidade*. São Paulo: Única, 2005.
- MANESCHI, Andrea. *Nicholas Georgescu-Roegen and the Filiation of Economic Ideas*. Working Paper n. 00-W18, junho de 2000. Nashville: Department of Economics – Vanderbilt University. Disponível em <http://www.vanderbilt.edu/Econ/wparchive/workpaper/vu00-w18.pdf>.
- MANESCHI, Andrea & ZAMAGNI, Stefano. "Nicholas Georgescu-Roegen, 1906-1994". Em *The Economic Journal*, 107 (442), 1997.
- MANKIW, Gregory N. *Introdução à economia: princípios de micro e macroeconomia*. 2. ed. São Paulo: Elsevier, 2001.
- MARSHALL, Alfred. *Principles of Economics*. 8ª ed. Londres: Macmillan, 1920.
- MARTÍNEZ-ALIER, Juan. "Economía y ecología: cuestiones fundamentales". Em *Pensamiento Iberoamericano*, nº 12, 1987.
- _____. *O ecologismo dos pobres: conflitos ambientais e linguagens de valoração*. Trad. Mauricio Walkman. São Paulo: Contexto, 2007.
- MARTÍNEZ-ALIER, Juan e NAREDO, José Manuel, "A Marxist precursor of energy economics: Podolinsky", *Journal of Peasant Studies*, n. 9, 1982.
- MARX, Karl. *Gundrisse*. Nova York: Vintage, 1973 [1859].
- _____. *O capital: crítica da economia política*. Vol. 1, Livro Primeiro, Tomo II, Capítulo XXI. Trad. Régis Barbosa & Flávio R. Kothe. São Paulo: Nova Cultural, 1988.
- MATTHEWS, Emily *et al.* *The Weight of the Nations: Material Outflows from Industrial Economies*. Washington: World Resources Institute, 2000.
- MAYR, Ernst. *O desenvolvimento do Pensamento Biológico*. 2a ed. Ed. UnB. Brasília, 1998.

- _____. *Biologia, ciência única: reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica*. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.
- MAYUMI, Kozo. *The Origins of Ecological Economics: the Bioeconomics of Georgescu-Roegen*. Londres: Routledge, 2001.
- MAYUMI, Kozo & GOWDY, John M. *Bioeconomics and Sustainability: Essays in Honor of Nicholas Georgescu-Roegen*. Cheltenham: Edward Elgar, 1999.
- McCLOSKEY, Donald N. *The Rhetoric of Economics*. Madison: The University of Wisconsin Press, 1985.
- MEADOWS, D. H. et al. (orgs.). *The Limits to Growth*. Nova York: Universe Books, 1972.
- MILL, John Stuart. *Principles of Political Economy: with Some of Their Applications to Social Philosophy*. Londres: Longmans, 1848.
- MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Protocolo de Quioto, Ministério da Ciência e Tecnologia com o apoio do Ministério das Relações Exteriores da República Federativa do Brasil. Disponível em http://www.mct.gov.br/upd_blob/0012/12425.pdf.
- MIROWSKI, Philip. *Against Mechanism: Protecting Economics from Science*. Nova Jersey: Rowman and Littlefield, 1988.
- _____. *More Heat than Light: Economics as Social Physics, Physics as Nature's Economics*. Cambridge: Cambridge University Press, 1989.
- MISHAN, Ezra J. *The Costs of Economic Growth*. Londres: Staple Press, 1967.
- MOLDAU, Juan Hersztajn. "Os fundamentos microeconômicos dos indicadores de desenvolvimento socioeconômico". Em *Revista de Economia Política*, 18 (3), 1998.
- MONBIOT, George. *Heat: How to Stop the Planet Burning*. Nova York: Penguin Books, 2007.
- _____. "What Is Progress?" Em *The Guardian*, 04-12-2007.
- MORRONI, Mario. "Production and Time: a Flow-Fund Analysis". Em: MAYUMI, Kozo & GOWDY, John M. *Bioeconomics and Sustainability: Essays in Honor of Nicholas Georgescu-Roegen*. Cheltenham: Edward Elgar, 1999.
- MUELLER, Charles C. "Economia e meio ambiente na perspectiva do mundo industrializado: uma avaliação da economia ambiental neoclássica". Em *Estudos Econômicos*, 26 (2), 1996.

- _____. “Os economistas e a sustentabilidade: uma avaliação do debate sob a ótica do processo produtivo de Georgescu-Roegen”. Em seminário realizado na FEA-USP, 2 e 3-9-2004.
- _____. *Os economistas e as relações entre o sistema econômico e o meio ambiente*. Brasília: Editora da UnB/Finatec, 2007.
- _____. “Sustainable Development: Conceptualizations and Measurement”. Em *Revista de Economia Política*, 28(2), abril-junho de 2008.
- MULDER, Peter & VAN DEN BERGH, Jeroen C. J. M. “Evolutionary Economic Theories of Sustainable Development”. Em *Growth and Change*, 32 (1), 2001.
- NAREDO, José Manuel. “Qué pueden hacer los economistas para ocuparse de los recursos naturales? Desde el sistema económico hacia la economía de los sistemas”. Em *Pensamiento Iberoamericano*, nº 12, julho-dezembro de 1987.
- NOBRE, Marcos & AMAZONAS, Maurício de Carvalho (orgs.) *Desenvolvimento sustentável: a institucionalização de um conceito*. Parte II. Brasília: Ed. Ibama, 2002.
- NORDHAUS, William D. “An Optimal Transition Path for Controlling Greenhouse Gases”. Em *Science*, 258 (5086), 1992.
- _____. “Global Warming Economics”. Em *Science*, 294 (5545), novembro de 2001.
- NORDHAUS, William D. & TOBIN, James. “Is Economic Growth Obsolete?”. Em *Proceedings of the Fiftieth Anniversary Colloquium of the National Bureau of Economic Research: Economic Growth*. Nova York: Columbia University Press, 1972.
- NORGAARD, Richard B. *Development Betrayed, the End of Progress and a Coevolutionary Revisioning of the Future*. Londres/Nova York: Routledge, 1994.
- NORTH, Douglass C. *Institutions, Institutional Change, and Economic Performance*. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
- O’CONNOR, James, ‘Is sustainable capitalism possible?’, em Martin O’Connor (ed.), *Political Economy and the Politics of Ecology*, (New York: Guilford Press, 1994), pp. 152–75.
- O’CONNOR Martin. “Entropy, Structure, and Organisational Change”. Em *Ecological Economics*, 3 (2), 1991.

- ODUM, Howard T. *Environment, Power and Society*. Nova York: John Wiley & Sons, 1971.
- _____. *Environmental Accounting: Energy and Environmental Decision Making*. Nova York: John Wiley & Sons, 1996.
- ODUM, Howard T. & ODUM, Elisabeth C. *Energy Basis for Man and Nature*. Nova York: McGraw-Hill, 1981.
- OLIVEIRA, Sonia Barros de. “Base científica para a compreensão do aquecimento global”. Em: VEIGA, José Eli da. *Aquecimento global: frias contendas científicas*. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2008, pp. 11-39.
- OLSON, Mancur, ‘Introduction’, em Mancur Olson and H. Landsberg (eds), *The No-Growth Society*, New York: W.W. Norton, 1973, pp. 1–13.
- ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. *Energy: The Next Fifty Years*. Paris: OECD, 1999. Disponível em <http://www.oecd.org/dataoecd/37/55/17738498.pdf>.
- PAULANI, Leda Maria. “Economia e retórica: o capítulo brasileiro”. Em *Revista de Economia Política*, 26 (1), janeiro-março de 2006.
- PEARCE, David W. *Economic Values and the Natural World*. Cambridge: MIT Press, 1993.
- PEARCE, David W. & TURNER, R. Kerry. *Economics of Natural Resources and the Environment*. Nova York: Harvester Wheatsheaf, 1990.
- PERRINGS, Charles. *Economy and Environment: a Theoretical Essay on the Interdependence of Economic and Environmental Systems*. Cambridge: Cambridge University Press, 1987.
- _____. “Georgescu-Roegen and the ‘Irreversibility’ of Material Processes”, em *Ecological Economics*, 22 (3), 1997.
- PIGOU, Arthur Cecil. *The Economics of Welfare*, Macmillan, 1st edn., 1920.
- PONTING, Clive. *A Green History of the World*. Londres: Penguin, 1991.
- PRIGOGINE, Ilya. *O fim das certezas: tempo, caos e as leis da natureza*. Trad. Roberto Leal Ferreira. São Paulo: Editora da Unesp, 1996.
- _____. *Thermodynamics of Irreversible Processes*. Nova York: John Wiley and Sons, 1955.
- PRIGOGINE, Ilya & STENGERS, Isabelle. *Order Out of Chaos: Man’s New Dialogue with Nature*. Nova York: Bantam, 1984.

- PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO.
“Combater as alterações climáticas: solidariedade humana num mundo dividido”. Em: *Relatório de Desenvolvimento Humano 2007/2008*. Disponível <http://www.pnud.org.br>.
- RAMMEL, Christian; STAGL, Sigrid; WILFING, Harald. “Managing Complex Adaptive Systems: a Co-evolutionary Perspective on Natural Resource Management”. Em *Ecological Economics*, 63 (1), 2007.
- RAMOS-MARTIN, Jesus; GIAMPIETRO, Mario; MAYUMI, Kozo. “On China's Exosomatic Energy Metabolism: an Application of Multi-Scale Integrated Analysis of Societal Metabolism”. Em *Ecological Economics*, 63 (1), 2007.
- REGO, José Marcio. “Retórica e a crítica ao método científico em economia: sociologia do conhecimento versus lógica da superação positiva”. Em: GALA, Paulo & REGO, José Márcio (orgs.). *A história do pensamento econômico como teoria e retórica: ensaios sobre metodologia em economia*. São Paulo: Editora 34, 2003.
- REPORT OF THE WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. *Our Common Future*, Onu, 1987. Disponível em <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>.
- RIFKIN, Jeremy & HOWARD, Ted. *Entropy: a New World View*. Nova York: Viking Press, 1980.
- ROBBINS, Lionel. *An Essay on the Nature and Significance of Economic Science*. 2ª ed. Londres: Macmillan and Company, 1935.
- ROMEIRO, Ademar Ribeiro. “Desenvolvimento sustentável e mudança institucional: notas preliminares”. *Econômica*, vol. 1, 1999.
- _____. “Economia ou economia política da sustentabilidade”. Em: MAY, Peter H.; LUSTOSA, Maria Cecília; VINHA, Valéria da (orgs.) *Economia do meio ambiente: teoria e prática*. Rio de Janeiro: EcoEco/Campus, 2003.
- ROMEIRO, Ademar Ribeiro; REYDON, Bastian Philip; LEONARDI, Maria Lucia Azevedo (orgs.). *Economia do meio ambiente: teoria, políticas e a gestão de espaços regionais*. Campinas: Unicamp/IE, 1996.
- SACHS, Ignacy. “A revolução energética do século XXI”. Em *Estudos Avançados*, 21(59), 2007.
- _____. *Caminhos para o desenvolvimento sustentável*. Rio de Janeiro: Garamond, 2002.

- _____. “Da civilização do petróleo a uma nova civilização verde”. Em *Estudos Avançados*, 19 (55), 2005.
- SAMUELSON, Paul Anthony. *Economics*. 10ª ed. Nova York: McGraw-Hill, 1976.
- SANSON, João R. “Ethics, Politics, and Nonsatiation Consumption: a Synthesis”. Em *Economia*, 8 (1), 2007.
- SCHELLING, Thomas C. “The Cost of Combating Global Warming”. Em *Foreign Affairs*, 76 (6), 1997.
- SCHNEIDER, Eric D. & KAY, J. James. “Life as a Manifestation of the Second Law of Thermodynamics”. *Mathematical and Computer Modelling*, 19 (6-8), 1994.
- SCHNEIDER, Eric D. & SAGAN, Dorion. *Into the Cool: Energy Flow, Thermodynamics and Life*. Chicago: University of Chicago Press, 2005.
- SCHRÖDINGER, Erwin. *What is Life?: The Physical Aspect of the Living Cell*. Cambridge: Cambridge University Press, 1944.
- SCHUMPETER, Joseph A. *Business Cycles: a Theoretical Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process*. Nova York: McGraw-Hill, 1939.
- _____. *Capitalism, Socialism and Democracy*. Nova York: Harper & Row, 1942.
- _____. *History of Economic Analysis*. Nova York: Oxford University Press, 1954.
- _____. *The Theory of Economic Development*. Cambridge: Harvard University Press, 1934.
- SCHWARTZMAN, David. “Solar Communism”. Em *Science & Society*, 60 (3), 1996.
- _____. “The Limits to Entropy: the Continuing Misuse of Thermodynamics in Environmental and Marxist Theory”. Em *Science & Society*, 72 (1), 2008.
- SCITOVSKY, Tibor. *The Joyless Economy: the Psychology of Human Satisfaction*. Nova York: Oxford, 1976.
- SEN, Amartya K. *Desenvolvimento como liberdade*. São Paulo: Companhia das Letras, 1999.

- _____. “Por que é necessário preservar a coruja-pintada”. Em *Folha de S. Paulo*, caderno Mais!, 14-3-2004.
- SETZER, Joana. *Panorama do princípio da precaução: o direito do ambiente face aos novos riscos e incertezas*. Dissertação de mestrado. São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental (Procam) – USP, 2007.
- SLESSER, Malcolm. *Energy in the Economy*. Nova York: St Martin’s Press, 1978.
- SMITH, Vincent Kerry. *Scarcity and Growth Reconsidered*. Baltimore: John Hopkins University Press, 1979.
- SMITH, Vincent Kerry & KRUTILLA, John V. “The Economics of Natural Resource Scarcity: an Interpretative Introduction”. Em: SMITH, Vincent Kerry. *Scarcity and Growth Reconsidered*. Baltimore: John Hopkins University Press, 1979.
- SOLOW, Robert M. “A Contribution to the Theory of Economic Growth”. Em *The Quarterly Journal of Economics*, 70 (1), 1956.
- _____. “An Almost Practical Step toward Sustainability”. Em *Resources Policy*, 19 (3), setembro de 1993.
- _____. “Georgescu versus Solow/Stiglitz”. Em *Ecological Economics*, 22 (3), setembro de 1997.
- _____. “The Economics of Resources or the Resources of Economics”. Em *American Economic Review*, 64 (2), 1974.
- STERELNY, Kim. *Dawkins vs. Gould: Survival of the Fittest*. Cambridge: Icon Books, 2007.
- STERN, David I. “The Environmental Kuznets Curve”. *Internet Encyclopaedia of Ecological Economics*, Junho de 2003
<http://www.ecoeco.org/pdf/stern.pdf>
- STERN, David; Michael S. Common, and Edward. B. Barbier. “Economic growth and environmental degradation: the environmental Kuznets curve and sustainable development”. *World Development*, n. 24, 1996, pp. 1151-1160.
- STIGLITZ, Joseph E. “A Neoclassical Analysis of the Economics of Natural Resources”, Em: SMITH, Vincent Kerry (org.). *Scarcity and Growth Reconsidered*. Baltimore: John Hopkins University Press, 1979.

- _____. “Georgescu versus Solow/Stiglitz”. Em *Ecological Economics*, 22 (3), setembro de 1997.
- VAN DEN BERGH, Jeroen C. J. M. “Abolishing GDP”. Em *Tinbergen Institute Discussion Paper*, fevereiro de 2007. Disponível em <http://www.tinbergen.nl>.
- _____ & GOWDY, John M. “The Microfoundations of Macroeconomics: an Evolutionary Perspective”. Em *Cambridge Journal of Economics*, 27 (1), 2003.
- VEBLEN, Thorstein B. “Why is Economics not an Evolutionary Science?” Em *Quarterly Journal of Economics*, 12 (3), 1898.
- VEIGA, José Eli da. *A emergência socioambiental*. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2007.
- _____. “A insustentável utopia do desenvolvimento”. Em LAVINAS, Lena; CARLEIAL, Liana Maria da Frota; NABUCO, Maria Regina. *Reestruturação do espaço urbano e regional no Brasil*. Coleção Geografia: Teoria e Realidade. São Paulo: Hucitec/Anpur, 1993.
- _____. “Ambientalismo, entre crença e ciência”. Em *Folha de S. Paulo*, 06-1-2008.
- _____. *Aquecimento global: frias contendas científicas*. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2008.
- _____. *Desenvolvimento sustentável: o desafio do século XXI*. Rio de Janeiro: Garamond, 2005.
- _____. *Meio ambiente e desenvolvimento*. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2006.
- _____. *O desenvolvimento agrícola: uma visão histórica*. 2ª ed. São Paulo: Edusp, 2007.
- _____. “O que é preciso salvar”. Em *Valor Econômico*, 18-4-2008.
- _____. “Reabilitar Georgescu”. Em *Valor Econômico*, 08-2-2008.
- _____. “Sobre o enigma da renda”. Em *Estudos Econômicos*, nº 203, 1990.
- _____ & VALE, Petterson Molina. “Aquecimento global: um balanço das controvérsias”. Em ciclo de seminários *Brasil no século XXI: desafios do futuro*, Departamento de Economia da FEA/USP, São Paulo, 7-11-2007.

- _____. “Economia e política do aquecimento global”. Em VEIGA, José Eli da. *Aquecimento global: frias contendas científicas*. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2008.
- VIVERET, Patrick. *Reconsiderar a riqueza*. Brasília: Editora da UnB, 2006.
- WALRAS, Léon. *Elements of a Pure Economics*. Harvard: Harvard University Press, 1954 [1872].
- WICKSTEED, Philip H. *An Essay on the Co-Ordination of the Laws Of Distribution*. Londres: Macmillian, 1894.
- WITT, Ulrich. *Evolutionary Economics*. Cheltenham: Edward Elgar, 1993.
- _____. “Evolutionary Economics”. Em DURLAUF, Steven N. & BLUME, Lawrence E. (orgs.). *The New Palgrave Dictionary of Economics*. 2ª ed, Nova York: Palgrave, 2008.
- WOLF, Martin. “Uso da energia requer controle”. Trad. Paulo Migliacci. Em *Folha de S. Paulo*, 17-11-2007.
- WORLD BANK. *Where is the Wealth of Nations? Measuring Capital for the 21st Century*. Washington: The World Bank, 2006. Disponível em <http://siteresources.worldbank.org/INTEEI/Home/20666132/WealthofNationsconferenceFINAL.pdf>.
- ZAMAGNI, Stefano. “Georgescu-Roegen on Consumer’s Theory: an Assessment”. Em: MAYUMI, Kozo & GOWDY, John M. *Bioeconomics and Sustainability: Essays in Honor of Nicholas Georgescu-Roegen*. Cheltenham: Edward Elgar, 1999.
- ZAMAGNI, Stefano & SCREPANTI, Ernesto. “A Post-Smithian Revolution?”. Em: ZAMAGNI, Stefano & SCREPANTI, Ernesto. *An Outline of the History of Economic Thought*. 2ª ed. Oxford: Oxford Online Monographs, 2005. Disponível em <http://fds.oup.com/www.oup.co.uk/pdf/0-19-927914-4.pdf>.
- _____. *An Outline of the History of Economic Thought*. Oxford: Clarendon, 1993.

Bibliografia de Nicholas Georgescu-Roegen

- “A economia política como extensão da biologia”. Em: BUESCU, Mircea & PELÁEZ, Carlos M. (orgs.). *A moderna história econômica*. Rio de Janeiro: APEC, 1976.
- “An Emigrant from a Developing Country: Autobiographical Notes I”. Em KREGEL, J. A. (org.). *Reflections of Eminent Economists*. Nova York: Macmillan, 1989.
- “An Emigrant from a Developing Country: Autobiographical Notes – II”. Em *BNL Quarterly Review*, vol. 184, março de 1993.
- Analytical Economics*. Cambridge: Harvard University Press, 1966.
- “Bioeconomics: a New Look at the Nature of Economic Activity”. Em: JUNKER, Louis (org.). *The Political Economy of Food and Energy*. Ann Arbor: University of Michigan, 1977.
- “Bioeconomic Aspects of Entropy”. Em: KUBAT, Libor & ZEMAN, Jiri (org.). *Entropy and Information in Science and Philosophy*. Amsterdã: Elsevier, 1975.
- “Choice and Revealed Preference”. Em *Southern Economic Journal*, vol. XXI (2), outubro de 1954.
- “Choice, Expectations, and Measurability”. Em *Quarterly Journal of Economics*, 68 (4), novembro de 1954.
- “Comments on the Papers by Daly and Stiglitz”. Em: SMITH, Vincent Kerry. *Scarcity and Growth Reconsidered*. Baltimore: John Hopkins University Press, 1979.
- “Economic Theory and Agrarian Economics”. Em *Oxford Economic Papers*, 12 (1), fevereiro de 1960. [Reimpresso em GEORGESCU-ROEGEN, Nicholas. *Energy and Economic Myths. Institutional and Analytical Economic Essays*. Nova York: Pergamon Press, 1976.]
- “Energy Analysis and Economic Valuation”. Em *Southern Economic Journal*, 45 (4), 1979.
- Energy and Economic Myths. Institutional and Analytical Economic Essays*. Nova York: Pergamon Press, 1976.
- “Energy and Economic Myths”. Em: _____. *Energy and Economic Myths. Institutional and Analytical Economic Essays*. Nova York: Pergamon Press, 1976.

- “Feasible Recipes Versus Viable Technologies”. Em *Atlantic Economic Journal*, 12 (1), março de 1984.
- “Fisiologia do desenvolvimento econômico”. Em: CHENERY, Hollis B. *et al. Painéis internacionais sobre desenvolvimento socioeconômico*. Rio de Janeiro: APEC, 1974.
- “Fixed Coefficients of Production and the Marginal Productivity Theory”. Em *Review of Economic Studies*, 3 (1), outubro de 1935.
- “Foreword”. Em: _____. *Energy and Economic Myths. Institutional and Analytical Economic Essays*. Nova York: Pergamon Press, 1976.
- “Hermann Heinrich Gossens: His Life and Work in Historical Perspective”. Em GOSENS, Hermann Heinrich. *The Laws of Human Relations and the Rules of Human Actions Derived Therefrom*. Trad. R. C. Blitz. Cambridge: MIT Press, 1983.
- “Inequality, Limits and Growth from a Bioeconomic Viewpoint”. Em *Review of Social Economy*, XXXV (3), dezembro de 1977.
- La Décroissance: Entropie, écologie, économie*. Tradução e apresentação de Jaques Grinevald e Ivo Rens. Paris: Éditions Sang de la terre, 1995.
Disponível em http://classiques.uqac.ca/contemporains/georgescu_roegen_nicolas/decroissance/la_decroissance.pdf.
- “Le Problème de la recherche des composantes cycliques d’un phénomène”. Em *Journal de la Société de Statistique de Paris*, outubro de 1930.
- “Leontief’s System in the Light of Recent Results”. Em *Review of Economics and Statistics*, vol. 32, 1950.
- “Looking Back”. Em MARTÍNEZ-ALIER, Juan & SEIFERT, Eberhard K. (orgs.). *Entropy and Bioeconomics*, Milão: Nagard, 1993.
- “Man and Production”. Em: BARANZINI, Mauro & SCAZZIERI, Roberto. *Foundations of Economics – Structures of Inquiry and Economic Theory*. Oxford: Basil Blackwell, 1986.
- “Marginal Utility of Money and Elasticities of Demand”. Em *Quarterly Journal of Economics*, 50 (3), maio de 1936.
- “Matter, Matters Too”. Em: WILSON, Kenneth D. (org.). *Prospects for Growth: Changing Expectations for the Future*. Nova York: Praeger, 1977.
- “Métodos em ciência econômica”. Trad. Elizabeth Santos Brandão. Revisão de Denise Williamson e editado por Antonio Maria da Silveira. Em *Edições*

- Multiplic*, 1 (2), dezembro de 1980. Do original “Methods in economic science”. Em *Journal of Economic Issues XIII*, vol. 2, junho de 1979.
- “Nicholas Georgescu-Roegen”. Em ARESTIS, Philip & SAWYER, Malcolm (orgs.). *A Biographical Dictionary of Dissenting Economists*. Cheltenham: Edward Elgar, 1992.
- “Nicholas Georgescu-Roegen About Himself”. Em: SZENBERG, Michael (org.). *Eminent Economists and Their Life Philosophies*. Cambridge: Cambridge University Press, 1992.
- “Note on a Proposition of Pareto”. Em *Quarterly Journal of Economics*, n. 49, agosto de 1935.
- “O estrangulamento: inflação estrutural e o crescimento econômico”. Em *Revista Brasileira de Economia*, 22 (1), 1968.
- “Process in Farming Versus Process in Manufacturing: a Problem of Balanced Development”, Conference of the International Economic Association, Roma, setembro de 1965.
- “Process in Farming Versus Process in Manufacturing: a Problem of Balanced Development”. Em PAPI, Ugo & NUNN, Charles (orgs.). *Economic Problems of Agriculture in Industrial Societies*. Londres: MacMillan, 1969.
- “Technology Assessment: the Case of the Direct Use of Solar Energy”. Em *Atlantic Economic Journal*, 6 (4), dezembro de 1978.
- “Teoria Econômica e Economia Agrária”. Em: PELÁEZ, Carlos M. *et al.* (org.). *Ensaio sobre café e desenvolvimento econômico*. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro do Café, 1973.
- “The Crisis of Resources: Its Nature and Its Unfolding”. Em: DANEKE, Gregory A. (org.). *Energy, Economics and the Environment: Toward a Comprehensive Perspective*. Washington: Health and Company, 1982.
- “The Economics of Production”. Em *American Economic Review, Papers and Proceedings*, 60 (2), 1970.
- “The Entropy Law and the Economic Problem”. Em: DALY, Herman E. (org.). *Toward a Steady-State Economy*. San Francisco: Freeman, 1973.
- The Entropy Law and the Economic Process*. Cambridge: Harvard University Press, 1971.
- “The Entropy Law and the Economic Process in Retrospect”. Em *Eastern Economic Journal*, 12 (1), 1986.
- “The Institutional Aspects of Peasant Economies: a Historical and Analytical Review”. Artigo apresentado no A/D/C Seminar on Subsistence and

- Peasant Economies, East-West Center, Honolulu, Hawaii, 28 de fevereiro e 6 de março, 1965. [Pequena versão reimpressa em GEORGESCU-ROEGEN, Nicholas. *Energy and Economic Myths. Institutional and Analytical Economic Essays*. Nova York: Pergamon Press, 1976].
- “The Nature of Expectation and Uncertainty”. Em BOWMAN, Mary Jean (org.). *Expectations, Uncertainty and Business Behavior*. Nova York: Social Science Research Council, 1958.
- “The Nature of Expectation and Uncertainty”. Em *Analytical Economics*, Cambridge, Harvard University Press, 1966.
- “The Pure Theory of Consumer’s Behavior”. Em *Quarterly Journal of Economics*, n. 50, agosto de 1936.
- “The Steady State and Ecological Salvation: a Thermodynamic Analysis”. Em *BioScience*, 27 (4), 1977.
- “The Theory of Choice and the Constancy of Economic Laws”. Em *Quarterly Journal of Economics*, 64 (1), fevereiro de 1950.
- “Thermodynamics and We the Humans”. Em MARTÍNEZ-ALIER, Juan & SEIFERT, Eberhard K. (orgs.). *Entropy and Bioeconomics*, Milão: Nagard, 1993.
- “Threshold in Choice and the Theory of Demand”. *Econometrica*, n. 26, 1958.
- “Towards a Human Economics”. Em *American Economic Review*, 64 (2), 1974.
- “Uma análise crítica da função de produção neoclássica: o processo de produção na indústria e na agricultura”. Em *Revista de Teoria e Pesquisa Econômica*, Instituto de Pesquisas Econômicas da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo, I (1), abril de 1970.
- “Utility”. Em *The International Encyclopedia of the Social Sciences*, v. XVI, Nova York, Macmillan, 1968.
- “Utility and Value in Economic Thought”. Em *Dictionary of the History of Ideas*, v. IV. Nova York: Scribner’s, 1973.

Anexo I

Este anexo trata de aproximar o leitor da figura e da obra de Georgescu com relatos pessoais de três ex-alunos, e com respostas, a um questionário enviado por e-mail com as seguintes perguntas: Qual a maior contribuição de Georgescu? Qual uma possível causa de ele ser ignorado pela academia? A lei da entropia tem alguma relevância para a economia? O que na obra de Georgescu se relaciona com sua área de pesquisa? O que significa a idéia de decrescimento? Como se daria esse processo? Abaixo apresentamos cada um dos quatro entrevistados e em seguida seus relatos e respostas.

Dr. Eleutério Prado - Professor titular professor do Departamento de Economia da FEAUSP, e autor do livro "Economia, complexidade e dialética", (Plêiade, 2009). Trabalha na área de teoria econômica, Atuando principalmente nas seguintes subáreas da economia: metodologia da economia, capitalismo contemporâneo e teoria da complexidade.

Dr. Charles Mueller - Professor emérito do Depto. de Economia da Universidade de Brasília, e autor do livro "Os Economistas e as Relações entre o Sistema Econômico e o Meio Ambiente" (UnB & Finatec, 2008). Obteve os títulos de mestre e doutor (Ph.D.) pela Universidade de Vanderbilt no início dos anos 1970, exatamente onde, e quando, Georgescu-Roegen elaborou sua crucial teoria sobre a relação da economia com a termodinâmica. Foi presidente do IBGE entre 1988 e 1990.

Dr. João Rogério Sanson - Professor titular da Universidade Federal de Santa Catarina. Tem mestrado em Desenvolvimento Econômico (MA, 1973) e doutorado em Economia (PhD, 1979), ambos pela Universidade Vanderbilt, EUA, onde foi aluno de Georgescu-Roegen. Tem atuado principalmente nos temas de mercado de trabalho, finanças públicas e microeconomia.

Dr. Ibrahim Eris - Economista turco, radicado no Brasil. Doutorou-se em Vanderbilt sob orientação de Georgescu-Roegen. Foi presidente do Banco Central do Brasil, durante o governo Fernando Collor de Mello. Atualmente é sócio e Presidente da Eris Consultores Associados.

Eleutério Prado

(e-mail recebido em 30.9.2007)

1) Qual a maior contribuição de Georgescu? Qual uma possível causa de ele ser ignorado pela academia?

Georgescu, como se sabe, tem muitas contribuições teóricas à teoria econômica. Em particular, foi ele quem, pela primeira vez, formulou a ideia da preferência revelada – e não Paul Samuelson (que, é bom lembrar, reconheceu isso tardiamente). Aliás, Georgescu foi tido por longo tempo como um economista neoclássico. Mesmo assim, a sua importância como teórico não foi bem reconhecida na academia americana; como se sabe, Georgescu imigrou no pós-guerra para os Estados Unidos, fugindo da ascensão do comunismo na Romênia. Talvez porque fosse um intelectual erudito, formado na tradição europeia, e estivesse mais preocupado em fazer coisas importantes no campo científico do que competir com os colegas. Como se sabe, a cultura norte-americana é muito pragmática e valoriza exageradamente o sucesso.

Quando Georgescu finalmente escreveu *The Entropy Law and the Economic Process*, em 1971, deixou de ser esquecido para ser menosprezado. Agora, ele se transformara num crítico da modelagem mecânica em teoria econômica: esta trabalha – menciona no livro – só a locomoção, que é reversível e não contempla as mudanças qualitativas. Ele se tornou, então, uma ameaça à teoria neoclássica, quando essa teoria entrava já na sua fase de decadência e se tornava mera religião. Nesse livro, Georgescu ataca também o marxismo. Buscando naturalizar o valor e a produção de valor, acentua o caráter negatropico do valor econômico; a própria termodinâmica, segundo ele, vem a ser uma física do valor econômico. De qualquer modo, ele tem razão em relacionar a lei da entropia com as mudanças qualitativas e a irreversibilidade dos processos naturais, as quais se encontram também na base dos processos econômicos.

2) A lei da entropia tem alguma relevância para a economia?

O sistema econômico deve ser encarado como um ser vivo, já que está sempre contrariando a lei da entropia crescente que prevalece nos sistemas fechados. O sistema econômico deve ser visto, pois, como um sistema aberto. Ou seja,

ele troca energia com o ambiente: recebe energia em formas nobres, ditas livres, e a devolve sob formas degradadas. É por isso que a lei da entropia tem importância fundamental na área de meio ambiente. Mas a lei da entropia, como se sabe, também abrange uma dimensão informacional. É possível encarar o sistema econômico como uma máquina computacional que opera evolutivamente cujo funcionamento origina a chamada auto-organização. Sabe-se pouco sobre esta última questão. De qualquer modo, é evidente que temos aí temas absolutamente relevantes não só para a economia como ciência, mas também para a própria sobrevivência da humanidade. Georgescu acentuou a importância da lei da entropia para a questão populacional e para a questão da poluição – ainda que o tenha feito de um ponto de vista elitista europeu.

3) O que na obra de Georgescu se relaciona com sua área de pesquisa?

Junto com os professores Jorge Soromenho, Décio Kadota e Gilberto Lima, estou estudando e trabalhando na área de economia e complexidade, num grupo chamado Complex. A suposição básica dessa linha de investigação é que o sistema econômico é um sistema adaptativo complexo que possui a propriedade da auto-organização. Georgescu foi um pioneiro na aplicação do conceito de entropia na esfera da teoria econômica. Recentemente, Duncan Foley usou o conceito de equilíbrio termodinâmico para tratar o problema clássico da interação generalizada no mercado de um conjunto muito grande de atores econômicos. Ele mostrou que o equilíbrio de ponto fixo da análise de equilíbrio geral, é um caso particular do equilíbrio termodinâmico,, de natureza estatística. Agora, sabendo-se que o equilíbrio de ponto fixo da análise econômica é equivalente a uma situação de entropia nula, e que o equilíbrio termodinâmico é obtido maximizando a entropia do sistema, chega-se à seguinte proposição importante: o sistema econômico, enquanto um sistema auto-organizado, se encontra necessariamente entre esses dois limites. Assim, o sistema econômico não pode ser visto em equilíbrio segundo a análise dinâmica tradicional, em que a organização é perfeita, nem segundo a termodinâmica, em que prevalece a perfeita desorganização. Isso abre uma agenda de pesquisa promissora, cujo desenvolvimento mudará profundamente a teoria econômica tal como ela é hoje estudada e desenvolvida.

(e-mail recebido em 29-10-2007)

Fui aluno do professor Georgescu na Universidade de Vanderbilt, quando fazia os cursos para o meu Ph.D. (1968-1970). Infelizmente, ele já estava em fase de desativação, aposentou-se um pouco depois. Assim, no meu tempo em Vanderbilt ensinou magistralmente o curso de estatística. Estava mesmo gravando suas aulas com o objetivo de compor um livro, que infelizmente não foi concluído. Georgescu criticava muito os cursos convencionais de estatística na pós-graduação por sua ênfase em álgebra, em fórmulas matemáticas; neles não havia a preocupação em dar aos alunos uma visão intuitiva sobre o que essas fórmulas significavam e o que efetivamente mediam.

Obviamente, tive que estudar o material dos cursos de análise econômica que Georgescu havia ministrado, pois ele foi membro da banca do exame de qualificação para o Ph.D. Mas não era a mesma coisa. Georgescu foi um mestre exímio, tinha uma invejável capacidade de comunicação, de transmissão do conhecimento. No entanto, só estudei mais intensamente o material do mestre bem depois, especialmente no período sabático, de 1992-1993, que passei na Universidade de Illinois. Foi então que me aprofundei na área de especialização de economia do meio ambiente, a que me dedico atualmente.

Se, de um lado, o professor Georgescu era exímio mestre, de outro, tinha personalidade forte, difícil, enérgica ao extremo, quase de um tirano no trato com alunos, e mesmo com colegas. Não aceitava displicência, abordagens superficiais, tratamento descuidado. Às vezes, reagia violentamente. Os poucos alunos que fizeram teses sob a orientação de Georgescu comeram o pão que o diabo amassou. Pergunte ao professor Ibrahim Eris, que foi um deles. Acredito que é por essa razão que Georgescu não formou escola. Contribuiu de maneira marcante para a ciência econômica, mas deixou poucos continuadores estritamente na sua linha, discípulos mais assíduos e fiéis. Um deles foi Herman Daly, que, além de nunca ter sido aceito como tal por Georgescu, foi, em várias ocasiões, atacado por este com virulência impressionante.”

1) Qual a maior contribuição de Georgescu? Qual uma possível causa de ele ser ignorado pela academia?

A contribuição do professor Georgescu é vastíssima. Mais que um economista, considero-o um filósofo da ciência, que procurou ir à essência dos fenômenos que estudava. Na década de 1940, participou de forma marcante da reformulação da teoria do consumidor (veja o Prefácio de Samuelson ao livro do Georgescu *Analytical Economics*, publicado em 1966). Foi parte de um esforço para ir à essência da análise econômica e que continuou a conduzir até o fim de sua vida. Na verdade, quando, após a reformulação da teoria do consumidor, passou a dissecar a teoria da produção, ficou chocado com o que viu. Do mesmo modo que Joan Robinson, Georgescu também considera que, com sua teoria da produção, a análise neoclássica vem incutindo, geração após geração de economistas, hábitos displicentes de pensamento.

Reformulou a teoria da produção, começando com o tratamento dos fatores de produção, que diferenciou entre fatores de fundo – os agentes do processo produtivo – e fatores de fluxo – materiais, peças, componentes transformados por tais agentes, e mostrou as falhas da função de produção neoclássica, não só por misturar essas duas categorias, mas, particularmente, por supor que a produção se faz sem resíduos, sem rejeitos. O problema é que, na sua reformulação, a função de produção é substituída por uma funcional, analiticamente muito mais rigorosa, mas muito mais difícil de usar para chegar aos resultados da teoria neoclássica e em aplicações econométricas. E aí pisou nos calos neoclássicos e nunca foi perdoado pelo atrevimento. Ademar Romeiro tem uma citação de Samuelson – o mesmo que tratou Georgescu como economista dos economistas no prefácio de *Analytical Economics* – execrando as suas contribuições mais recentes, no âmbito da teoria da produção e no uso da lei da entropia.

Foi ao rever a teoria da produção que Georgescu se deparou com as leis da termodinâmica, notadamente a lei da entropia. Mostrou que o processo produtivo, particularmente nas sociedades humanas dos nossos dias, é eminentemente entrópico. Uma crescente produção com o emprego de muito mais energia que a fornecida cotidianamente pelo sol transformou as nossas sociedades não apenas em produtoras de bens e serviços em escala cada vez maior, mas também em extratoras, em ritmos preocupantes, de recursos naturais básicos – notadamente os energéticos – e em geradoras de quantidades cada vez maiores de resíduos indesejados, de poluição. No âmbito do grande pessimismo que acompanhou as crises do petróleo dos anos

1970, Georgescu enfatizou o primeiro desses efeitos; estou certo, entretanto, que, se estivesse vivo, hoje enfatizaria o segundo.

Assim, é pelo conjunto de sua obra que Georgescu merece destaque, embora tenha se notabilizado ao trazer para a análise econômica a lei da entropia.

2) A lei da entropia tem alguma relevância para a economia?

Cada vez mais, a lei da entropia é relevante para a economia! Como já ressaltai, os processos econômicos são entrópicos, isto é, aumentam a entropia no nosso globo. Vale aqui o conceito mais amplo de entropia, o aumento de desordem no nosso globo, e não somente o derivado da termodinâmica clássica – a transformação, irreversível e irrevogável, da energia que pode gerar trabalho em energia dissipada, que não pode mais ser usada para tal fim. É óbvio que essas duas coisas vêm juntas, pois, sem o uso da energia de baixa entropia, a humanidade não pode gerar desordem, ou seja, aumento de entropia. E o elevado acesso a fontes de energia de baixa entropia está na essência da questão ambiental do nosso tempo.

Entretanto, Georgescu tentou levar ao extremo o emprego da lei da entropia e acabou forçando a mão para criar uma nova lei da termodinâmica – a da entropia da matéria. Dizem os entendidos que essa extensão da lei não é correta; além disso, considero que foi desnecessária.

Na verdade, é uma pena que Georgescu não se valeu da teoria das estruturas dissipativas de Ilya Prigogine e colegas, da Escola de Bruxelas. Segundo essa teoria – criada para descrever a interação entre sistemas da física, da química, que foi estendida para o estudo do funcionamento do sistema econômico –, a economia (a econosfera) deve ser considerada uma estrutura dissipativa. A econosfera é um sistema aberto, inserido em um sistema maior – o ecossistema global –, que vem se mantendo em estado de estabilidade longe do equilíbrio termodinâmico (o estado de morte térmica), graças à dissipação da energia, usada no seu funcionamento, para o sistema maior que a contém. Dado seu acesso à energia do abundante (ainda) capital energético do nosso globo (os combustíveis fósseis), a econosfera não só engendrou uma formidável expansão demográfica, como também ampliou fortemente a produção material *per capita*. O resultado disso tem sido um preocupante aumento de entropia no ecossistema global. O problema é que, no limite, esse processo pode vir a romper com a estabilidade longe do equilíbrio da econosfera – veja o efeito estufa.

É esse o emprego da lei da entropia que vem sendo dado por economistas ecológicos como Robert Ayres, entre muitos outros. Foi também o caminho trilhado por Kenneth Boulding que, com Georgescu, foi um dos precursores da disciplina de economia ecológica. É pena que Georgescu não tenha focado dessa forma a lei da entropia. Em sua obra máxima, publicada em 1971, *The Entropy Law and the Economic Process*, Georgescu nem mesmo faz referência a uma abordagem tratando o sistema econômico como estrutura dissipativa estável longe do equilíbrio; no seu índice remissivo de autores, não aparece Prigogine. Mas, num texto de 1986 (“The Entropy Law and the Economic Process in Retrospect”), Georgescu menciona Prigogine como suporte a seu resgate da lei da entropia para a análise econômica. E, no artigo, emprega a linguagem da teoria de interação de sistemas.³³⁴

3) O que significa a ideia de decrescimento? Como se daria esse processo?

Georgescu nunca aceitou a tese do estado estacionário de Herman Daly. Para ele, a finitude dos recursos naturais à disposição da humanidade necessariamente a levará, mais cedo ou mais tarde, a ter que regredir (com menos gente e menos consumo *per capita*). No seu trabalho de 1986, encontra-se a seguinte frase que elucida o seu pensamento: como “[...] para todos efeitos a Terra é um sistema fechado, alguns materiais vitais para a atual tecnologia ‘quente’ cedo ou tarde se tornarão extremamente escassos (na sua forma atual), mesmo mais escassos que a energia fóssil. Isso também expõe a inconsistência lógica da promessa de salvação ecológica de uma economia de estado estacionário tão convincentemente propugnada por Herman Daly”.

Em um desabafo exasperado chega a afirmar no artigo “Energy and Economic Myths”: “Talvez o destino do homem seja o de ter *vida curta, mas fogosa, ao invés de existência longa, mas vegetativa e sem grandes eventos*. Deixemos outras espécies – as amebas, por exemplo – [...] herdar o globo terrestre ainda abundantemente banhado pela luz solar”. Essas citações deixam nítido que, para Georgescu, o declínio da humanidade é inexorável e que a velocidade com que esse declínio se processará dependerá de seus padrões de produção e consumo.

³³⁴ Um parêntese: a publicação desse artigo mostra o anátema que Georgescu se tornou para o *mainstream* neoclássico. Seria de esperar que o artigo fosse aceito para publicação em *journals* de primeira linha de economia. No entanto, só conseguiu aceitação em *journal* muito pouco conhecido do interior dos Estados Unidos.

Em outros termos, para Georgescu, a menos que haja transformação radical na sociedade contemporânea e em seus hábitos de consumo e produção, o estado estacionário a que se chegará será o de uma reversão a uma sociedade do tipo da pré-economia industrial. Georgescu concorda – e defende mesmo – que se deve procurar esticar o tempo de duração da nossa atual prosperidade, evitando desperdícios e exageros no uso de recursos não renováveis. Mas considera inexorável a trajetória no sentido do declínio. Não considera viável um estado estacionário meia-boca que possa evitar isso.

4) O que na obra de Georgescu se relaciona com sua área de pesquisa?

Acho difícil apontar um aspecto em particular que mais tenha me influenciado na obra do Georgescu. É óbvio que seu emprego da lei da entropia, no contexto da análise da operação da economia de nossos dias, teve grande importância. Mas acho que também merece ênfase sua crítica à epistemologia mecanicista da análise neoclássica, bem como a sua abordagem mais rigorosa do processo produtivo, com suas ramificações para avaliações da sustentabilidade do atual desenvolvimento e, especialmente, para uma crítica bem fundamentada de abordagens delirantemente otimistas, nesse sentido, de autores neoclássicos.

Contudo, de forma especial, o que mais aprecio na obra do mestre é o seu rigor epistemológico, a fuga a simplificações, que podem ser convenientes do ponto de vista da modelagem econômica, mas acabam escondendo ou retirando de cena aspectos fundamentais do funcionamento do sistema econômico e conduzindo a visões nitidamente equivocadas dos problemas ambientais de nossos dias.

João Rogério Sanson

(e-mail enviado em maio de 2008)

Fui aluno de Georgescu durante um ano, na disciplina de estatística, no ano letivo de 1972-1973. A melhor aula foi a primeira sobre séries de tempo, pois ele fez amplas considerações sobre história. Por outro lado, ele era impiedoso com erros crassos dos alunos. Fui vítima de uma dessas broncas no primeiro mês de aulas e quase desisti da disciplina. Mas, no ano seguinte, consegui dele uma bela dedicatória no livro *The Entropy Law and the Economic Process*.

Alguns anos depois, escrevi para Georgescu sobre um autor que ele menciona, sem referência bibliográfica, na resenha sobre utilidade, publicada na *International Encyclopedia of the Social Sciences*. Ele prontamente me respondeu com uma carta encorajadora. Só me interessei pelas partes do livro [Entropy] referentes ao meio ambiente muito tempo depois, ao pesquisar para meu artigo publicado na revista *Economia*.

Numa recepção, quando de uma palestra do Cláudio de Moura Castro em Vanderbilt, Georgescu tomou umas e outras e ficou bastante alegre. Mostrou que conhecia vários idiomas, como o francês e o italiano..

Quando da visita de William Jaffé a Vanderbilt, o famoso tradutor do texto de Léon Walras, ele e Georgescu combinaram uma piada inicial para a palestra. Georgescu perguntou se Walras realmente usava um barrete sobre a cabeça, referindo-se a uma foto famosa dele. Jaffé confirmou e, para surpresa de todos, puxou do bolso um barrete e disse que era o próprio barrete de Walras. A sala veio abaixo. Depois, ele explicou que havia conhecido Walras na velhice e que posteriormente a família lhe havia dado de presente o famoso barrete.

Um estudante brasileiro que conheceu Georgescu mais de perto foi Dionísio Carneiro, da PUC-RJ, que foi monitor da disciplina de estatística no ano em que a cursei. Eu a cursei junto com o Paulo Rosenberg, o José Carlos Peliano e o Adriano Batista Dias, hoje na Fundação Joaquim Nabuco.

O Adriano Dias, até alguns anos atrás, tinha as aulas do Georgescu gravadas em fitas, na verdade uns fitões. No ano anterior, a turma de brasileiros havia gravado e transcrito essas aulas. Cheguei a usar uma dessas transcrições. Quem as tinha era o Jorge Jatobá, também de Recife, e o Aécio Cunha, hoje funcionário da Câmara dos Deputados onde atua como consultor legislativo, especializado na área de política agrícola. Eu fiz uma apostila do curso, mas não creio que o material seja aproveitável. Serviria no máximo para dar uma ideia da estrutura do curso. Quanto ao curso de teoria econômica, que não pude fazer por ter interrompido meu curso de doutorado por três anos, sei que o Aécio Cunha fez anotações bastante detalhadas, provavelmente baseadas também em gravações.”

1) Qual a maior contribuição de Georgescu?

O que mais me impressiona é o artigo sobre a teoria do consumidor, de 1936, “The pure theory of consumer's behavior”, publicado no *Quarterly Journal of*

Economics. É uma pioneira abordagem axiomatizada da teoria, bastante sofisticada do ponto de vista matemático.

2) A lei da entropia tem alguma relevância para a economia?

Pelo que entendi, tem, mas o horizonte temporal envolvido parece longo demais. Muitíssimo mais longo que os horizontes temporais que enfatizo em meu artigo na revista *EconomiA*. [Sanson, J. R. “Ethics, Politics, and Nonsatiation in Consumption: A Synthesis”. *EconomiA* – (Revista da ANPEC), v. 8: 1-20, 2007].

3) O que na obra de Georgescu se relaciona com sua área de pesquisa?

No geral, a preocupação com a viabilidade do crescimento econômico a longuíssimo prazo. No específico, a preocupação com o tratamento do lazer e do trabalho, o significado de informação e a questão do *enjoyment of life*. Isso aparece recentemente no mesmo artigo da revista *EconomiA* e anteriormente na série de artigos sobre lazer-trabalho, alguns não publicados.

4) Qual uma possível causa de Georgescu ser ignorado pela academia?

Até os anos 1970, ele conseguiu um grande prestígio acadêmico internacional, tendo recebido homenagem até da *American Economic Association*. Há um número da *American Economic Review* [June 1972, LXII, nº 3, frontispiece] com essa homenagem. Depois do livro *The Entropy Law and the Economic Process*, acho que ele passou a opinar sobre questões muito aplicadas, fora do contexto teórico do próprio livro. Lembro de ter lido algumas passagens do *Energy and Economic Myths* que eram quase panfletárias e totalmente fora do tipo de análise mais técnica que ele havia feito anteriormente. É claro que Georgescu estava já idoso e com baixo custo de oportunidade para escrever o que viesse à cabeça, mas isso o descolou da imagem de teórico que tinha anteriormente. Assim, ficou difícil ir para o Prêmio Nobel, ainda que muita gente achasse que ele tinha contribuições suficientes para isso. Embora seja temerário generalizar, penso logo em Einstein e Samuelson, que passaram a dizer coisas panfletárias depois de devidamente reconhecidos e premiados pela academia, o que conseguiram relativamente cedo em suas carreiras.

Ibrahim Eris

(transcrição do relato gravado em 7-12-2007)

Minha relação com Georgescu começou em 1966, como aluno-professor, e em 1967 convidou-me para ser seu assistente no curso que ele ministrava. Até 1970 tivemos contato diário. Todo dia de manhã tinha aula, e na hora do almoço tentava fugir dele. Às 13h30 chegava ao escritório. Trabalhava até as 16h. Levava as malas para o carro dele e ele ia embora. Chegamos a ter uma relação muito mais que professor-aluno. Relação verdadeiramente emocional. Na Turquia, você cresce aprendendo a endeusar o professor, o que está relacionado de certa forma à cultura muçulmana. E Georgescu, da Europa oriental, era muito rígido. Tinha a ideia de que o professor era uma figura intocável. Os alunos americanos são relativamente mais desleixados e não endeusam os professores.

Fui o único aluno que concluiu uma tese com Georgescu. Outro aluno tentou, mas chegou a ponto de ter que pedir transferência para outra universidade. Georgescu era muito exigente e tinha uma personalidade muito difícil. Cheguei a desistir e marcar a passagem para o Brasil. Por sorte, encontrei o membro do comitê que me perguntou quando ia ser a defesa. Respondi que não dava para concluir com Georgescu. E o professor não entendeu nada, pois Georgescu tinha dito a ele que eu era brilhante e estava concluindo uma tese muito boa. Então, eu que já estava há um mês esperando o momento de defender, falei com Georgescu e defendi. Ele fez uma festa enorme para mim, para comemorar depois da defesa.

Georgescu era academicamente brilhante. Não fazia nenhuma concessão na busca de popularidade e reconhecimento. Mas era uma pessoa cheia de complexos. Politicamente conservador e anticomunista, na política americana era tipo um republicano. Nos meios intelectuais sempre têm algum patrulhamento ideológico e isso não facilitou. Não tinha filhos, portanto, nenhuma perspectiva futura. A ligação emocional e as broncas que me dava eram como de pai para filho. Ele queria ser invisível, tinha hábitos muito modestos, todas as suas viagens eram ligadas a conferências, congressos, e não a lazer.

Academicamente estava fora das ideias do momento, e geograficamente isolado por opção própria. Georgescu respeitava as religiões, mas era um agnóstico. Gostava de cidade pequena e conservadora. O fato de ele não ter

aceitado o convite para ir para Harvard mudou muita coisa. Elites da ciência se localizam em certos lugares. Se estiver fora geograficamente daquele espaço, você é esquecido. MIT, Chicago, Stanford faziam a corrente da ciência econômica.

Por que nunca recebeu o Nobel? Nobel premia uma obra completa. E Georgescu sonhava com isso, tanto que ficou amargurado por não tê-lo recebido. Não recebeu porque não fazia parte dos centros importantes, seu pensamento estava fora da corrente e sua personalidade atrapalhou muito. Afinal, você é votado pelos seus colegas. Ele era um alienígena em relação a qualquer corrente que se olhe. Acho muito engraçado os ambientalistas e os ecologistas considerarem Georgescu como um papa. Provavelmente, Georgescu os acharia malucos. Georgescu era um cientista do tipo enciclopedista, como Karl Marx. Só lia ciência, não lia literatura. Achava-se obrigado a entender de todos os assuntos: química, física e biologia. E não era superficialmente. Tirava lições de todas as ciências. Mas o século XX foi a era da especialização – pegar um pedacinho da sua ciência e contribuir a vida inteira para aquilo.

Escrevi sobre o modelo Arrow-Debreu³³⁵. A contribuição de Georgescu foi zero para esse assunto. A não ser na introdução da minha tese, em que ele falava um pouco de John Hicks. Fiz a tese com Georgescu, pois queria perpetuar a relação que vinha tendo nos últimos anos. Aprendi o que é ciência, o que é epistemologia e o que é economia. Percebi que não tinha entendido nada de economia até aprender com Georgescu. Por que ele era diferente de todos? Para começar, não era economista. Era matemático e estatístico. Toda economia que ele aprendeu foi por leitura. Ninguém expôs a ele a economia corrente. Provavelmente nunca leu um livro-texto. Leu Karl Marx, David Ricardo, John Keynes, Joseph Schumpeter. E assim, criou uma estrutura lógica em sua mente para o que é economia. Sua aula de microeconomia seria inútil para se fazer um prova da Associação Nacional dos Centros de Pós-Graduação em Economia (Anpec), por exemplo.

Seus melhores leitores eram Paul Samuelson e Kenneth Arrow. Eles entendiam o que Georgescu queria dizer. Não tinha medo de escrever um

³³⁵ O modelo Arrow-Debreu é um dos modelos mais gerais de uma economia competitiva e é parte crucial da teoria do equilíbrio geral, uma vez que pode ser usado para provar a existência de tal equilíbrio (chamado equilíbrio Walrasiano). Sugere que se as suposições a respeito das condições sob as quais o modelo funciona estiverem certas, então há um conjunto de preços tal que a oferta agregada será igual à demanda agregada para cada mercadoria na economia.

artigo com teoremas para teoria do consumidor que não se encaixassem no esquema do equilíbrio geral. Ele queria saber se teoria explicava ou não a realidade. Em geral, as teorias se encaixam no esquema maior de equilíbrio geral, ganhando uma solidez que, na verdade, não têm. Georgescu não tinha essa visão. Suas contribuições não se encaixavam no esquema maior. Por isso, não tiveram desdobramentos. Esse estilo de trabalhar o prejudicou muito, ninguém o via como um grande contribuidor da economia neoclássica, mesmo tendo contribuído. Tinha sérias dúvidas sobre o poder de explicação do equilíbrio geral.

Minha tese era uma provocação ao modelo bonitinho. Mas Georgescu provocava a ciência econômica em geral, a ideia de estática e equilíbrios que se perpetuam. Muito mais próximo de uma visão biológica do que mecânica. Na física, o que o fascinava era o princípio da indeterminação: as coisas são probabilísticas. E distinguia incerteza de risco. Admirava Schumpeter e o considerava o maior economista. Tinha extrema alergia aos modelos simplistas, inclusive aqueles que tratavam da suposta entropia da informação. Quando escrevia, era mais elegante. Mas considerava isso um charlatanismo. Como chega à questão da ecologia? Ele não estava preocupado com o ambiente, e sim com a questão de qual é o objetivo da atividade econômica. O que é a economia como um processo? Como todo processo, entra algo e saem outras coisas ao longo do tempo. No processo econômico entram os seguintes insumos, natureza e ser humano, e nada mais entra. Todo o resto é feito por essas duas coisas. Ponto.

E o que sai do processo? Se é feito um corte, o que sai é lixo que é despejado na natureza. Por isso, o objetivo do processo é produzir lixo? Não!! É a felicidade humana. Cientistas econômicos tentaram caracterizar essa felicidade como Jeremy Bentham, que a chamou de utilidade. Então veio a questão se é possível mensurar a utilidade.

Qual é a verdadeira limitação de processo econômico? É a natureza. A questão da saída de lixo também o remete a questão dos ambientalistas. Ele chegou a esses assuntos por meio da termodinâmica e de pensar processo econômico. Os ambientalistas descobriram Georgescu depois. Para o próprio Georgescu, a percepção do ambientalismo veio muito tempo depois. Então, começou a trabalhar mais esse aspecto.

Mas sua preocupação era de outra ordem: qual seria a verdadeira limitação do processo econômico. Nesse período, Georgescu não tinha virado *darling*

dos ambientalistas. Na época, o movimento estava muito mais associado ao movimento *hippie*, à esquerda, e à revolução feminina.

Não acho que seja possível dividir a obra de Georgescu em duas fases. Há uma linha coerente em toda carreira. Numa leitura mais cuidadosa, percebe-se que mesmo as contribuições mais complicadas de matemática se encaixam no pensamento mais tardio. No final da vida, contudo, ele cedeu alguma coisa na necessidade de ser reconhecido. A identificação com o movimento ambientalista foi provavelmente uma concessão. Sua preocupação estava em outro nível. Não era com a limpeza dos rios.

Uma diferenciação acadêmica no final da vida é normal, pois não se tem todo o brilhantismo de jovem. Georgescu procurou fazer uma síntese do processo econômico. Quem faz distinções entre duas fases de Georgescu são pessoas que têm certa alergia à linguagem matemática. O rigor lógico continuou igualzinho, mesmo quando ele passou a usar mais palavras.

Georgescu escreveu à mão *The Entropy law and the Economic Process*. Todos os dias ele levava cinco folhas e me pedia para que lesse. Queria que o livro fosse inteligível para uma pessoa com a minha capacitação: inteligente, com formação em doutorado e curiosa. Se eu não entendesse, alguma coisa estaria errada. Cada palavra foi escolhida para ser aquela palavra. Muitas vezes, Georgescu aceitava minhas críticas. Em geral, elas se referiam à clareza, de modo a evitar certo hermetismo. Georgescu era um autor extremamente cuidadoso.

The Entropy law and the Economic Process é uma obra síntese da carreira. No final de sua vida, houve uma pequena mudança de preocupação, ficou mais pé no chão. Não sei se autenticamente ficou preocupado ou foi uma necessidade de aceitação, pois na vida não teve nenhuma militância política.

Qual fator teve maior peso no seu isolamento como economista? O fato de não ter tido uma formação normal de economista foi bastante importante. E o fato de ele ser um cientista do século anterior, do tipo renascentista. Na hora de dar um Nobel vem a pergunta: afinal, com que ele contribuiu? Mas é difícil estabelecer um peso, afinal os fatores interagem. Geograficamente isolado, alimentou sua própria linha de pensamento. Em Vanderbilt não havia ninguém que pudesse dialogar com ele. Se tivesse uma personalidade mais afável, isso também teria contribuído para uma boa avaliação dos colegas. As pessoas não o convidavam para os eventos. Ele era áspero, quase mesquinho, tinha ciúmes. Sua vida foi uma tragédia, como a de um artista não reconhecido.

No entanto, enxergava-se a beleza da ciência nas aulas dele. Georgescu aprendeu estatística com o fundador da estatística, Karl Pearson. Foi testemunha viva da construção dessa disciplina. A aula era um processo que permitia aos alunos vivenciarem a experiência de descoberta de leis e fórmulas. Em duas horas de aula, os alunos chegavam à fórmula como o próprio Pearson chegou pela primeira vez. Georgescu não estava nem aí se havia alguma implicação prática para ciência. Dizia que, depois de cinquenta anos, talvez se descubra qual é a implicação daquela pesquisa. Ele achava que estava ensinando ciência e ponto. Quem estava lá para fazer Ph.D. era candidato a ser cientista. Georgescu costumava diferenciar os alunos e dizia na cara se a pessoa não era material de Ph.D.