

Georgescu-Roegen/Daly versus Solow/Stiglitz à luz da estrutura das revoluções científicas de Kuhn

RESUMO

O artigo visa reconstruir o debate sobre a substituição entre capital produzido e capital natural travado entre os economistas ecológicos Nicholas Georgescu-Roegen e Herman Daly e os economistas neoclássicos Robert Solow e Joseph Stiglitz. Os argumentos discursivos do debate foram recortados a partir de revisão bibliográfica dos textos que o compuseram e comentaram diretamente. Concluiu-se que a refutação da substituição entre capital produzido e capital natural pela aplicação da lei da entropia ao processo econômico representa uma ruptura paradigmática com a ciência econômica mecânica e marca o surgimento de uma ciência econômica evolucionária. A incomensurabilidade entre as economias mecânica e evolucionária se evidencia nas três acepções kuhnianas de paradigma: como artefato (esquemas distintos de representação do diagrama econômico), sociológica (disputa por identidade socioprofissional e recompensa institucional) e metafísica (visões antagônicas da relação humano/tecnologia/natureza).

Palavras-chave

Transição paradigmática; Elasticidade-substituição; Limites ao crescimento; Economia ecológica; Economia evolucionária.

ABSTRACT

This paper aims to reconstruct the debate about the substitution between produced capital and natural capital between ecological economists Nicholas Georgescu-Roegen and Herman Daly and neoclassical economists Robert Solow and Joseph Stiglitz. The discursive arguments of the debate were cut from a bibliographic review of the papers that wrote and commented directly. It was concluded that the refutation of the substitution between produced capital and natural capital by applying the law of entropy to the economic process represents a paradigmatic break with mechanical economic science and marks the emergence of an evolutionary economic science. The immeasurability between the mechanical and evolutionary economies is evident in the three Kuhnian meanings of paradigm: as an artifact (distinct schemes of representation of the economic diagram), sociological (dispute for socio-professional identity and institutional reward) and metaphysical (antagonistic views of the relationship human / technology / nature).

Keywords

Paradigmatic Transition; Elasticity-Substitution; Limits to Growth; Ecological Economics; Evolutionary Economics.

1. Doutoranda em Filosofia e Teoria Geral do Direito pela Universidade de São Paulo (USP). Graduada em Direito pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). carolinastangeam@gmail.com

The proliferation of competing articulations, the willingness to try anything, the expression of explicit discontent, the recourse to philosophy and to debate over fundamentals, all these are symptoms of a transition from normal to extraordinary research (KUHN, 1962, p. 90).²

1. Introdução

Uma revolução científica ocorre, argumenta Kuhn (1998), quando o fracasso do paradigma dominante em solucionar problemas intensifica a consciência da anomalia na ciência normal entre uma comunidade de cientistas, gerando uma crise que é resolvida por meio de um novo paradigma. Na crise, a intensificação da consciência da anomalia na comunidade científica faz proliferar teorias insurgentes, cada qual advogando para si o *status* de novo paradigma. Vence a disputa aquela capaz de convencer um número suficiente de cientistas (critério quantitativo) ou a parcela mais influente desses (critério qualitativo) de que apresenta ferramentas conceituais ou metodológicas mais adequadas à resolução das anomalias surgidas na ciência normal. O convencimento da comunidade científica é ato comunicativo: o elaborador da nova teoria a transmite a seus pares por meio de signos linguísticos e estruturas lógicas compartilhados pelos interlocutores. Uma mudança paradigmática pressupõe uma alteração no próprio sentido das palavras usadas para descrever o mundo físico, uma transformação linguística. As novas ideias não podem, portanto, ser completamente comparadas às antigas, o que Kuhn denomina incomensurabilidade.

Conquanto a estrutura das revoluções científicas proposta por Kuhn não seja de difícil compreensão (paradigma – crise – novo paradigma), o significado do conceito de “paradigma”, fundamento central da estrutura, não se descortina com facilidade ao leitor. Masterman (1970, p. 63-65) agrupa em três acepções principais – metafísica,

2. Optou-se pela tradução livre das demais citações diretas e indiretas do artigo para garantir maior fluidez da leitura em língua portuguesa. Nas passagens em que a possibilidade de contraposição da tradução ao texto original auxilia na compreensão, este foi acrescentado em notas de rodapé. Epígrafe à parte, todas as referências à *Estrutura das revoluções científicas* de Thomas Kuhn se reportam à tradução para o português publicada pela editora Perspectiva em 1998.

sociológica e como artefato – as 21 acepções distintas em que a palavra foi empregada pelo autor. Sob a perspectiva metafísica se albergam as definições de paradigma como “mito”; “filosofia ou constelação de questões”; “princípio organizacional que governa a percepção de si mesmo”; “ponto de vista epistemológico geral”; “novo modo de ver”; “especulação metafísica bem-sucedida”; “figura Gestalt”; “padrão aplicado à quase metafísica”; e “algo que define um amplo aspecto da realidade”. Sociologicamente, paradigma é um conjunto de hábitos científicos que precede a teoria; “conquista científica universalmente reconhecida”; “decisão judicial aceita na *common law*”; “conjunto de instituições políticas” e “tradição ou modelo”. Afirmar um paradigma como artefato, por sua vez, é enxergá-lo como a solução do problema enfrentado pela ciência normal, a peça do quebra-cabeça, “livro-texto ou trabalho clássico”; “conquista científica”; “analogia”; “fonte de ferramentas”; “ilustração padrão”; “instrumentalização”; “pacote anômalo de cartas”; “fábrica de ferramentas para máquinas”; um sistema e seus métodos de interpretação.

O conceito de “incomensurabilidade” também requer clarificações adicionais. Ao revisitar a disputa entre Galileu Galilei e os filósofos aristotélicos no século XVI pela explicação do fenômeno da flutuação, Biagioli (1990, p. 186-187) distingue a manifestação linguística e conceitual da incomensurabilidade e as disputas socioprofissionais por recompensas que possibilitam sua emergência. Obstáculos linguísticos e conceituais entre comunidades científicas rivais com frequência poderiam ser transpostos mediante o engajamento na interlocução construtiva, argui o autor, falta-lhes, porém, interesse. Estratégias retóricas de não diálogo entre teorias científicas concorrentes desempenham um papel importante na formação e preservação da coesão e identidade socioprofissional de um grupo e na manutenção de hierarquias institucionais. Acusar o adversário de ilegitimidade metodológica e incompetência profissional e esquivar-se da confrontação direta são exemplos de comportamentos não comunicativos que engendram incomensurabilidade.

As três acepções metafísica, sociológica e técnica do paradigma são o fio condutor deste artigo para a análise do debate Georgescu-Roegen/Daly *versus* Solow/Stiglitz.³ A adequação da aplicação da estrutura de revoluções científicas kuhniana-

3. Esta abordagem inspirou-se na pesquisa de Elisa Klüger (2017), que descreveu sociologicamente a disputa por capital simbólico no espaço dos economistas brasileiros à luz da teoria de campos sociais de Bourdieu.

na à economia encontra lastro na literatura e na própria obra de Kuhn. O autor expressamente inclui a economia dentro do que compreende por ciências sociais: “Por exemplo, talvez seja significativo que os economistas discutam menos sobre a cientificidade de seu campo de estudo do que profissionais de outras áreas da ciência social. Deve-se isso ao fato de os economistas saberem o que é ciência? Ou será que estão de acordo a respeito da economia?” (KUHN, 1998, p. 202). As categorias analíticas kuhnianas foram mobilizadas por José Sánchez-Ron para caracterizar o debate entre as teorias econômicas de Keynes e Hayek (SÁNCHEZ-RON, 2016, p. 219). Albert Hirschman reportou-se à teoria de Kuhn para justificar a inoquidade de críticas a um modelo econômico na ausência de um modelo substituto: “uma excelente ilustração da máxima de Streeten-Kuhn de que um modelo nunca é derrotado por fatos, ainda que danosos, mas apenas por outro modelo” (HIRSCHMAN, 1970, p. 68).

A transição da pesquisa normal para a pesquisa extraordinária, afirma Kuhn (1962, p. 90) na passagem selecionada como epígrafe deste artigo, tem por indícios a proliferação de articulações concorrentes, a expressão de descontentamento explícito e o recurso à filosofia. O objetivo do artigo é reconstruir, com base nesses três eixos, o debate entre os economistas ecológicos Nicholas Georgescu-Roegen e Herman Daly, de um lado, e os economistas neoclássicos Robert Solow e Joseph Stiglitz, de outro, circunscrevendo a discussão sobre a substituição entre capital produzido e capital natural pela aplicação da lei da entropia ao processo econômico como uma ruptura paradigmática com a ciência econômica mecânica e o surgimento de uma ciência econômica evolucionária.⁴

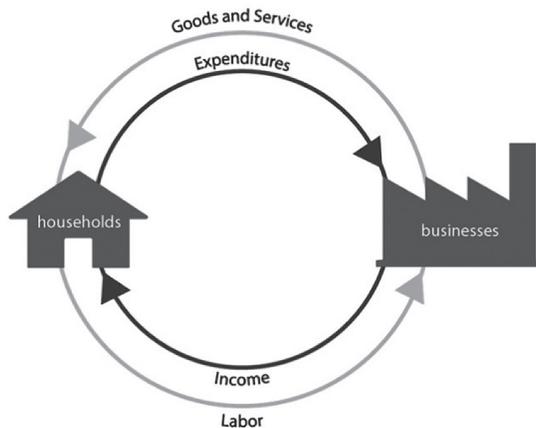
A proliferação de articulações concorrentes é objeto da segunda seção do artigo. Nela, é tratada a incomensurabilidade do paradigma como artefato a partir da reconstrução dos argumentos discursivos em torno da substituição entre capital produzido e capital natural. O recorte das fontes se circunscreveu aos textos es-

4. Para uma abordagem das divergências entre economia ambiental e economia ecológica de um ponto de vista interno à economia, ver Marques, Silva e Mata (2019), que advogam pela necessidade de “construção de um novo paradigma produtivo que integre os processos econômicos, ecológicos e populacionais, a partir de atores sociais capazes de mobilizar processos políticos e que possibilitem transformações produtivas para alcançar objetivos da sustentabilidade numa dimensão global” (p. 126). A presente análise interroga, a partir de um modo de observação sociológico e fazendo uso do aparato conceitual da filosofia da ciência de Kuhn, justamente as dificuldades subjacentes a essa construção enquanto transição paradigmática: a incomensurabilidade dos paradigmas nas suas três dimensões – artefato, sociológica e metafísica.

critos pelos quatro debatedores e por comentaristas diretos da discussão, publicados principalmente no *Journal of Ecological Economics*, periódico mais relevante da disciplina. A expressão de descontentamento explícito é trazida na terceira seção, que aborda a incomensurabilidade do paradigma-sociológico e interpreta fatos relacionados à disputa por identidade socioprofissional e recompensas institucionais entre os debatedores. Para além dos textos dos autores, essa seção mobiliza como fontes dados biográficos. O recurso à filosofia e o retorno aos fundamentos são referidos na quarta seção, que versa sobre a incomensurabilidade do paradigma-metafísico e investiga as diferenças ontológicas nas concepções de natureza e tecnologia professadas pelos debatedores. As fontes dessa seção se circunscrevem a textos de debatedores e comentaristas. Na quinta seção são feitas as considerações finais.

2. Paradigma-artefato e proliferação de articulações incomensuráveis: (in)substitutabilidade entre capital reprodutível e capital natural

É no livro-texto, afirmam Cechin e Veiga (2010, p. 440), que o estudante “forma uma visão do que é a economia, de quais são seus problemas típicos e de como representá-la visualmente”. O primeiro esquema de representação do sistema econômico em que é iniciado o aprendiz de economia, o coração do livro-texto, é o diagrama do fluxo circular que ilustra a relação fundamental entre produção e consumo. Esse “exemplo compartilhado” entre a comunidade de economistas exibe um sistema fechado em que circulam insumos, produtos e dinheiro entre empresas e famílias. O diagrama de fluxo circular representa o paradigma-artefato da economia mecânica (CECHIN; VEIGA, 2010, p. 441), cujos sistemas são entendidos como fechados, estáticos e sempre tendendo ao equilíbrio (VEIGA, 2008, p. 247). O fluxo econômico esquematizado no diagrama circular tem dois pontos de convergência com a física mecânica: é reversível, isto é, ao basear-se na conversibilidade entre insumos e produtos, pressupõe o princípio de conservação de energia; e busca um estado de equilíbrio pela equivalência de oferta e demanda (Figura 1).

Figura 1 | Diagrama de fluxo circular entre produção e consumo

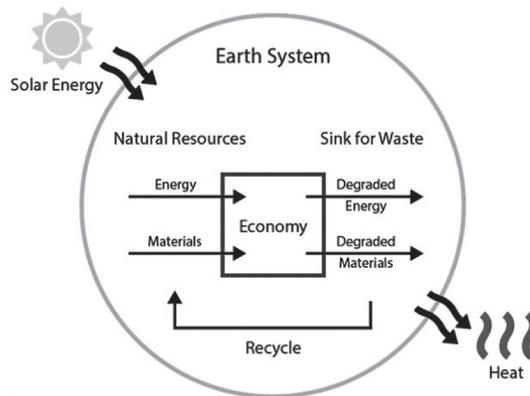
Fonte: (BUTLER; HIGGS, 2018).

A confrontação pioneira ao paradigma-artefato da economia mecânica foi feita por Nicholas Georgescu-Roegen em 1971, com a publicação de *The Entropy Law and the Economic Process*. O principal equívoco da economia mecânica, para Georgescu-Roegen, é ignorar que os processos econômicos estão sujeitos aos processos biofísicos. Sendo o planeta Terra um sistema fechado quanto à matéria e aberto quanto à energia, a economia, subsistema integrado à natureza, submete-se à segunda lei da termodinâmica, pela qual a quantidade de entropia de qualquer sistema isolado termodinamicamente tende a aumentar com o tempo até alcançar um valor máximo. A unidirecionalidade do calor traduz-se na irreversibilidade do tempo. Aplicados à economia, tais axiomas físicos impossibilitam a caracterização desta como um sistema circular, fechado, isolado ou reversível (GEORGESCU-ROEGEN, 1971).

Para Georgescu-Roegen, é desordem, não ordem, o produto econômico por excelência: os processos econômicos transformam matéria e energia de baixa entropia (recursos naturais e energia de alta qualidade) em matéria e energia de alta entropia (resíduos e energia degradada na forma de calor). O autor propôs a mudança da noção de “função de produção” por “função de transformação” e elaborou o modelo fundo-fluxo (Figura 2), que se tornou a representação do paradigma-artefato da economia evolucionária por ele inaugurada. Segundo Georgescu-Roegen, fatores de fundo são aqueles que não sofrem alteração qualitativa no processo de transformação econômi-

ca, também chamados agentes: capital, terra e força de trabalho. Fatores de fluxo, por sua vez, são aqueles qualitativamente alterados pelos agentes: matéria e energia. Duas implicações decorrem, portanto, da aceitação da aplicação da lei da entropia à economia: a insubstituibilidade entre fatores de fundo e fatores de fluxo e a impossibilidade de reciclagem perfeita dos materiais.

Figura 2 | Diagrama fundo-fluxo



Fonte: (BUTLER; HIGGS, 2018).

A inclusão do fator tempo na função de transformação econômica foi o elemento chave para o questionamento da abordagem mecanicista e o surgimento de uma perspectiva evolucionária da economia, pela qual os sistemas são entendidos como abertos, dinâmicos, não lineares e distantes do equilíbrio (VEIGA, 2008, 247) e caracterizados por um processo de diferenciação, seleção e amplificação que conduz à renovação do sistema e ao seu crescimento em ordem e complexidade. Para a economia evolucionária, cuja fundação se considera a *magnum opus* de Georgescu-Roegen, *The Entropy Law and the Economic Process* (BEINHOCKER, 2006, p. 302), toda criação de valor econômico a partir de matéria e energia é marcada por irreversibilidade termodinâmica e redução da entropia interna ao sistema, com conseqüente aumento da entropia externa ao sistema (BEINHOCKER, 2006, p. 303).

Georgescu-Roegen lamentou que a formalização matemática da produção tenha levado os economistas a “desrespeitar um pré-requisito básico da ciência: ter uma ideia clara sobre a correspondência dos símbolos na realidade” e a focar no fluxo circular

monetário, em detrimento do fluxo metabólico real (CECHIN; VEIGA, 2010, p. 442-443). A única saída para o dilema entrópico, na visão do autor, é a redução da escala dos fluxos de matéria e energia à capacidade de regeneração natural do estoque desses fatores. Muito embora Georgescu-Roegen não tenha utilizado a expressão “decrescimento” (*degrowth* em inglês, idioma original de seus escritos), autorizou o uso da palavra na tradução francesa (*décroissance*) de uma coletânea de seus ensaios sobre bioeconomia, organizada por Jacques Grinevald em 1979 (GEORGESCU-ROEGEN, [1979] 1995, p. 90); (BONAIUTI, 2016, p. 50). Por decrescimento, o economista romeno parece indicar a minimização da utilização de fatores de fluxo – matéria e energia –, com a finalidade de economizar estoque e permitir que a humanidade desfrute de “uma vida que valha a pena viver”.⁵

Em palestra proferida na American Economics Association em 1974, Robert Solow anunciou um modelo neoclássico de função de produção que busca compatibilizar a preocupação com a depleção dos recursos naturais e o crescimento do produto interno bruto. O texto traz a primeira formulação do que posteriormente ficou conhecida como “a regra de ouro de Solow”: sustentabilidade significa sustentar o consumo *per capita* no nível mais elevado possível indefinidamente no tempo, e, para tanto, deve-se conservar o estoque total de capital em uma economia (SOLOW, 1974b, p. 10). Para o autor, capital manufaturado (tudo aquilo que é construído) e capital humano (força de trabalho e educação) – juntos, capital reprodutível – podem substituir ilimitadamente o capital natural (estoque de recursos da natureza), e a sustentabilidade é alcançada quando a soma dos três é mantida constante. O cerne da equação de Solow, portanto, é a substituição entre capital reprodutível e capital natural. “Se é muito fácil substituir recursos naturais por outros fatores, a princípio, então, não há problema. O mundo pode, com efeito, seguir sem recursos naturais” (SOLOW, 1974b, p. 11).

Solow mobilizou ainda outro pressuposto da teoria econômica neoclássica para fundamentar seu conceito de sustentabilidade: a taxa de desconto de utilidade marginal futura. Tal princípio postula que a incerteza sobre os acontecimentos autoriza o economista a mensurar a utilidade futura como inferior à presente. Como “há uma pequena probabilidade fixa de que a civilização terminará em um curto intervalo de

5. “N'est-il pas vrai que le problème de l'humanité soit d'économiser S (un stock) afin d'obtenir une quantité de vie aussi grande que possible, ce qui implique la minimisation de S (un flux) pour jouir d'une vie digne d'être vécue?” (GEORGESCU-ROEGEN, [1979] 1995, p. 90).

tempo”, argumentou Solow, “a cada geração é permitido se favorecer em detrimento da futura” – “mas não muito”, ressalva (SOLOW, 1993, p. 168). O autor reconheceu o desconto intergeracional como uma “concessão à fraqueza humana ou uma assunção técnica de conveniência” e admitiu que se não há progresso técnico contínuo, sustentar o consumo *per capita* no nível mais elevado possível nem sempre é compatível com a taxa de desconto de bem-estar das futuras gerações. Porém, manteve a presunção da taxa de desconto, pois “ela deve ser pequena e, afinal, há o progresso tecnológico” (SOLOW, 1993, p. 168).

O cerne da controvérsia entre Georgescu-Roegen e Solow circunscreve-se, por conseguinte, ao limite da substituição entre capital reprodutível e capital natural. A resposta do primeiro ao problema – inexistente substituição perfeita pois a eficiência técnica sofre restrição da entropia – deu origem à economia ecológica, cujo conceito de sustentabilidade é dito forte (conservação do capital natural crítico); a solução do segundo à questão – o progresso técnico permite substituição suficiente – resultou no surgimento da economia ambiental, cujo conceito de sustentabilidade é dito fraco (conservação do estoque total de capital).

Os mais proeminentes representantes contemporâneos da economia ecológica e da economia ambiental são, respectivamente, Herman Daly e Joseph Stiglitz. Em 1979 ambos os economistas foram convidados a publicar ensaios sobre o tema “Escassez e crescimento”. Os dois textos foram objeto de comentários de Georgescu-Roegen na mesma edição. Enquanto Daly fez referência expressa a Solow e Stiglitz, estruturando o argumento em crítica direta à teoria destes; Stiglitz mencionou Georgescu-Roegen em apenas uma passagem no primeiro parágrafo (STIGLITZ, [1979] 2011, p. 36) e não citou Daly uma única vez.

O ensaio de Stiglitz, “A Neoclassical Analysis of the Economics of Natural Resources”, argumentou que crescimento econômico pode ser sustentado. Somente se estaria diante de um problema de escassez de recursos naturais se o recurso for essencial, não renovável e não reciclável, se a oferta for limitada em relação às taxas de demanda atuais, se não puder ser substituído e for impossível aumentar a eficiência de sua utilização (STIGLITZ, [1979] 2011, p. 40). Para o autor, a substituição entre capital reprodutível e capital natural não pode ser calculada abstratamente, mas exige análise empírica a nível setorial: testes reais deveriam ser conduzidos separadamente para cada processo industrial – deslocando, portanto, o ônus da prova da inviabilidade do

crescimento econômico aos pessimistas tecnológicos (STIGLITZ, [1979] 2011, p. 46). Na visão de Stiglitz, eventual “existência de um problema de recursos naturais não tem implicações imediatas, não é condição necessária nem suficiente para intervenção governamental no mercado”, uma vez que práticas regulatórias geram ineficiências mais graves do que falhas de mercado nas taxas e padrões de extrações de recursos naturais (STIGLITZ, [1979] 2011, p. 60).

Em “Entropy, Growth, and the Political Economy of Scarcity”, Daly advogou ser o crescimento econômico tanto impossível (argumento material) quanto indesejável (argumento moral) e propôs, com inspiração em John Stuart Mill, um modelo de economia estacionária. “Enunciados de impossibilidade são o verdadeiro fundamento da ciência”, afirmou o autor. “É impossível criar ou destruir matéria e energia, é impossível diminuir a entropia total de um sistema fechado” (DALY, [1979] 2011, p. 76). Seres humanos têm apenas duas fontes de baixa entropia: os estoques terrestres de minerais concentrados e o fluxo de energia solar irradiada. Ambas as fontes são limitadas, uma na quantidade de estoque, outra na taxa de chegada.

O modelo de economia estacionária sugerido por Daly baseia-se em quatro características (DALY, [1979] 2011, p. 79): (i) uma população constante de corpos humanos; (ii) uma população constante de estoque de artefatos; (iii) o nível em que as duas populações são mantidas constantes são suficientes para uma vida boa e sustentável para um longo futuro; e (iv) a taxa de saída de matéria e energia por meio da qual os dois estoques são mantidos constantes é reduzida ao mínimo possível. Para seres humanos, isso significa que taxas de natalidade devem equivaler a taxas de mortalidade e a expectativa de vida deve ser alta. Para artefatos, quer dizer que a produção deve equivaler à depreciação em níveis baixos, de modo que os utensílios durem substancialmente e depleção e produção sejam reduzidas.

Os três conceitos centrais à função de transformação econômica de Daly são estoque (*stock*), serviço (*service*) e taxa de transferência (*throughput*) (DALY, [1979] 2011, p. 80). Estoque é o inventário total de artefatos e corpos humanos, o conjunto de todos os objetos físicos sujeitos à apropriação para satisfação de desejo. Serviço é a satisfação experimentada quando o desejo, fluxo psíquico de bem-estar, é preenchido. Taxa de transferência é o fluxo físico de matéria e energia necessário à manutenção e à renovação do estoque. Esse fluxo inicia-se na natureza, passa pela economia humana e retorna à natureza pelos sumidouros.

Os dois objetivos da economia estacionária são maximizar a razão serviço/estoque, maximizando o numerador com denominador constante, e maximizar a razão estoque/taxa de transferência, minimizando o denominador com numerador constante (DALY, [1979] 2011, p. 82-84). O primeiro objetivo é alcançado por meio de eficiência do serviço, que se divide em eficiência alocativa (estoque consiste em artefatos que as pessoas desejam) e eficiência distributiva (desejos supérfluos de algumas pessoas não têm precedência sobre os desejos básicos de outras); o segundo é atingido com eficiência de manutenção (artefatos são duráveis e substituíveis, no limite termodinâmico). Tais conceitos levam à distinção operada por Daly entre crescimento e desenvolvimento. Crescer é aumentar o serviço pelo aumento do estoque e da taxa de transferência, com as duas eficiências constantes. Desenvolver-se é aumentar as duas eficiências com estoque constante, ou aumentar o serviço com taxa de transferência constante.

Daly propôs a criação de três instituições para o atingimento de uma economia estacionária com “o controle social necessário e sacrifício mínimo de liberdade individual”: uma para limitar a população (plano de licenças transferíveis de nascimentos), uma para limitar o estoque de artefatos (leilão de quotas de depleção de recursos naturais pelo Estado) e uma para limitar a desigualdade na distribuição de artefatos entre a população (fixação de renda mínima e máxima para indivíduos), mantendo a propriedade privada e o sistema de preços (DALY, [1979] 2011, p. 85-90).

No artigo de comentário a ambos os ensaios, Georgescu-Roegen localizou historicamente o fenômeno de crescimento econômico exponencial: as taxas de aumento do produto interno bruto experimentadas na segunda metade do século XX são um “interlúdio histórico causado por uma bonança mineralógica única dos últimos duzentos anos”, insustentáveis a médio e longo prazo (GEORGESCU-ROEGEN, [1979] 2011, p. 96-97). A inadequação dos mecanismos de mercado para distribuição integracional de recursos foi reforçada pelo autor, para quem a pressuposição neoclássica de que a geração atual leva em consideração os interesses das gerações futuras na tomada de decisões econômicas não passa de formalização matemática “lápiz e papel” (*paper and pencil – PAP algorithm*), isto é, infundada empiricamente (GEORGESCU-ROEGEN, [1979] 2011, p. 97). A própria adoção da taxa de desconto da utilidade marginal futura também foi questionada. Ela pode até fazer sentido ao nível do indivíduo, escreveu Georgescu-Roegen, todavia, a extrema improbabilidade de desaparecimento

da espécie humana torna absurda sua aplicação ao nível geracional (GEORGESCU-ROEGEN, [1979] 2011, p. 101) Tampouco Daly foi poupado de censuras. Seu modelo de economia estacionária foi rejeitado como utópico e insuficiente, pelo fato de o conceito de “vida boa”, central à definição da quantidade do estoque de corpos humanos e artefatos, continuar em aberto (GEORGESCU-ROEGEN, [1979] 2011, p. 103).

Georgescu-Roegen faleceu em 1994, sem ter jamais recebido resposta de Solow e Stiglitz às suas críticas. Em 1997, o *Journal of Ecological Economics* organizou uma edição especial em sua homenagem. Os dois neoclássicos atenderam ao convite do periódico e enviaram comentários à obra do fundador da economia ecológica. O fórum contou, ainda, com dois textos de Daly: o primeiro contextualizou a controvérsia a ser tratada por Solow e Stiglitz na edição, o segundo veiculou a tréplica.

Além de reforçar o argumento central da insubstituibilidade entre capital reprodutível e capital natural, no primeiro texto Daly sugeriu que Solow equivocou-se ao atribuir ao progresso tecnológico o aumento de produção residual inesperado identificado em seu modelo: “o dogma de que a natureza não contribui para a produção permite a alguns economistas neoclássicos assumir que qualquer ganho de produção inexplicável por aumentos no trabalho ou em capital deve ser resultado da tecnologia” (DALY, 1997a, p. 263). O economista ecológico concluiu o texto empregando o tom de desafio como estratégia retórica para atrair Solow e Stiglitz para o debate (DALY, 1997a. p. 265):

provavelmente a melhor forma de conseguir uma resposta à crítica de Georgescu-Roegen não é levantá-la novamente para as mesmas pessoas que a ignoram há vinte anos, mas de algum modo fazer com que 10.000 estudantes perguntem a seus professores de economia em sala de aula: (1) você acredita que atividades econômicas devam satisfazer o equilíbrio de matéria? (2) por que as funções neoclássicas de produção não satisfazem a condição de equilíbrio da matéria? (3) você acredita que a interpretação de Georgescu-Roegen da produção como uma transformação física está correta? (4) você concorda que o sistema econômico é integrado em um sistema ambiental mais abrangente e dele é totalmente dependente como fonte e sumidouro para matéria e energia transformados pela atividade econômica? (5) você acredita que as transformações de matéria e energia requeridas pela atividade econômica são restringidas pela lei da entropia? Dez mil estudantes, por favor, anotem!

A estratégia funcionou, ao menos em parte. Na réplica, Solow se dispôs a receber de braços abertos o “exército de estudantes” conclamados por Daly, “caso eles estejam interessados em aprender alguma economia” (SOLOW, 1997, p. 268). O neoclássico apresentou concisas respostas a todas as perguntas do rival (oito linhas no total para as cinco questões), acusou-o de “não entender o que economistas querem dizer quando falam sobre complementos e substitutos” e redirecionou a controvérsia para a substituição entre recursos não renováveis e recursos renováveis. A resolução do problema da escassez dos recursos naturais passaria, segundo Solow, pela inovação tecnológica que permitiria transitar de capital natural não renovável para capital natural renovável. “Recursos renováveis como a energia solar ou a energia de fusão não parecem ter limites à sua utilização, ‘tudo’ o que é requerido é a tecnologia correta e o capital adequado” (SOLOW, 1997, p. 268, destaque no original). Admitiu a sujeição dos processos econômicos à lei da entropia, mas isso “não é de importância imediata para a modelagem, pois no final das contas é um breve instante de tempo em um canto pequeno do universo” (SOLOW, 1997, p. 272).

Stiglitz declarou que a economia neoclássica jamais se opôs à aplicação das leis da termodinâmica aos processos econômicos e atribuiu a divergência à “falta de entendimento do papel do tipo de modelo analítico que ele e outros formularam”. O autor circunscreveu a utilidade dos modelos neoclássicos a um espectro temporal de médio prazo: “Eles [os modelos analíticos] nos ajudam a responder questões para um intervalo de tempo intermediário – nos próximos cinquenta ou sessenta anos, é possível que o crescimento seja sustentado?” (STIGLITZ, 1997, p. 269) A substituição entre capital reprodutível e capital natural, de acordo com o modelo de Stiglitz, apenas pode ser assegurada, portanto, até as décadas de 2030 e 2040. Mecanismos de mercado, quando funcionam bem, afirmou Stiglitz, refletem a escassez de recursos no sistema de preços, levando à redução de sua utilização. Quando não funcionam, a solução do problema passa pela criação de formas de internalização das externalidades ambientais negativas.

Na tréplica, Daly negou que Georgescu-Roegen tenha incompreendido que os modelos analíticos neoclássicos consideram um intervalo intermediário de tempo. Em verdade, escreveu Daly, Georgescu-Roegen julgava o período de cinquenta anos crítico porque será justamente o momento em que a humanidade deverá transitar sua dependência de fontes terrestres de baixa entropia para fonte solar de baixa entropia, na medida em que hidrocarbonetos sofrerão contínua e irreversível depleção. Daly reco-

nheceu como um avanço a preocupação do Banco Mundial, cujo cargo de economista-chefe era ocupado por Stiglitz, com os limites ao crescimento da população, convocando-o a estendê-la aos limites do crescimento dos artefatos (DALY, 1997b, p. 271). O economista ecológico imputou a Solow o erro de confundir lei da entropia com a morte térmica do universo e, por conseguinte, ter uma visão completamente equivocada do processo econômico como um todo. Finalizou asseverando que as críticas de Georgescu-Roegen permanecem sem resposta (DALY, 1997b, p. 273).

Na mesma edição especial do *Journal of Ecological Economics* foram publicados também textos de outros autores sobre o debate Georgescu-Roegen/Daly *versus* Solow/Stiglitz. Mayuni, Giampietro e Gowdy resgataram a centralidade do paradoxo de Jevons na discussão sobre substituição do capital natural por capital reprodutível. O paradoxo de Jevons postula que o aumento da oferta combinado com o aumento de eficiência tem o efeito de aumentar a demanda. Os autores citaram estudos empíricos comprobatórios do fenômeno nos setores de carvão, agrícola, automobilístico e de refrigeradores (MAYUNI; GIAMPIETRO; GOWDY, 1998, p. 116) como evidências de que os economistas ecológicos estão certos em refutar a conversibilidade de capital natural em capital reprodutível. Tisdell lembrou a falibilidade da curva ambiental de Kuznets, modelo econômico que pressupõe uma relação inversamente proporcional entre progresso tecnológico e poluição de um país (TISDELL, 1997, p. 291), posicionando-se, porém, de forma inconclusiva no debate. Pearce enfatizou a necessidade de empiria para o cálculo preciso do capital natural crítico referente a cada tipo de recurso natural. Para o autor, desprovidas de lastro empírico, afirmações teóricas de substituíbilidade ou insubstituíbilidade são de pouca utilidade (PEARCE, 1997, p. 296).

A reconstrução dos argumentos de Georgescu-Roegen, Daly, Solow e Stiglitz e, subsidiariamente, de seus comentadores, evidencia que a inclusão do fator tempo na função de produção do processo econômico, consequência da aplicação da lei entrópica à economia, representou uma ruptura com o paradigma mecânico e o surgimento do paradigma evolucionário. A transição se manifesta, na dimensão paradigma-artefato, pela divergência entre o diagrama de fluxo circular e o diagrama ecológico. Os diagramas são figuras pré-analíticas que traduzem o conjunto de teorias, conceitos e pressupostos que dão forma aos paradigmas mecânico e evolucionário. São incomensuráveis, sob o ponto de vista técnico, sobretudo quanto ao limite da substituição entre capital reprodutível e capital natural.

3. Paradigma-sociológico e expressão explícita de descontentamento: a disputa pela identidade socioprofissional e por recompensas institucionais

A dimensão sociológica do paradigma enquanto conjunto de hábitos da comunidade científica permite descrever, com inspiração em Biagioli (1990, p. 186-187), as estratégias retóricas de não diálogo empregadas na controvérsia Georgescu-Roegen/Daly *versus* Solow/Stiglitz que marcaram a disputa por identidade socioprofissional e recompensas institucionais e possibilitaram a emergência da incomensurabilidade linguística e conceitual do paradigma-artefato.

Natural da Romênia e formado em matemática e estatística pela Universidade de Paris, Nicholas Georgescu-Roegen emigrou para os Estados Unidos em 1948, alegadamente na condição de exilado político do regime soviético. No novo continente, passou a colaborar como pesquisador assistente com o grupo de estudos econômicos liderado por Joseph Schumpeter na Universidade de Harvard. No período anterior do entreguerras, de 1934 a 1936, Georgescu-Roegen havia passado uma temporada na universidade e assistido informalmente a aulas de economia ministradas por Schumpeter. O professor o acolhera, à época, com a proximidade de um mentor intelectual, a despeito de Georgescu-Roegen não ter cursado formalmente qualquer curso de Economia. Em 1949, o romeno aceitou uma cadeira permanente como professor de economia oferecida pela Universidade Vanderbilt, em Nashville, Tennessee, onde permaneceu até aposentar-se em 1976. Os dois prêmios mais importantes de sua carreira foram o Harvie Branscomb Award, em 1967, e o Distinguished Fellow of the American Economic Association, em 1971, mesmo ano de publicação de sua *magnum opus* “The Entropy Law and the Economic Process” (CECHIN, 2008, p. 41-42).

Nascido em Nova York, Estados Unidos, Robert Solow cursou graduação, mestrado e doutorado em economia na Universidade de Harvard. Começou a lecionar economia no Massachusetts Institute of Technology (MIT) em 1949, onde se tornou professor emérito em 1955. Atuou como consultor no Council of Economic Advisers, órgão governamental norte-americano, de 1962 a 1968. Em 1987, foi laureado com o Prêmio Nobel de Economia “por suas contribuições à teoria do crescimento”, cuja formalização, posteriormente chamada de “modelo de crescimento

exógeno”, foi apresentada no artigo “A Contribution to the Theory of Economic Growth”, em 1956. Recebeu a alcunha, juntamente com seu colega de magistério no MIT Paul Samuelson, de “homens do crescimento” (“*growthmen*”) (NOBEL FOUNDATION, 2005).

Herman Daly doutorou-se em economia na Universidade Vanderbilt, sob orientação de Georgescu-Roegen. Foi, durante vinte anos, professor de economia da Louisiana State University. Ingressou nos quadros do Banco Mundial em 1988, como economista sênior no Departamento de Meio Ambiente, onde atuou até 1994, quando começou a lecionar na Universidade de Maryland. Tem atualmente vínculo como professor visitante na Universidade Federal do Ceará e na Universidade Nacional da Austrália. Os prêmios mais importantes de sua carreira foram o Prêmio Nobel Alternativo (Right Livelihood Award),⁶ concedido pelo Global Development and Environmental Institute e o Heineken Prize for Environmental Science, concedido pela Academia Holandesa de Artes e Ciências, ambos em 1996 (THE LIVELIHOOD FOUNDATION, 2005).

Joseph Stiglitz, natural de Indiana, Estados Unidos, obteve um Ph.D. em economia pelo MIT em 1967. Lecionou nas universidades de Yale, Harvard e Stanford. Foi membro do Council of Economic Advisers de 1993 a 1997, órgão que presidiu (exerceu a função de *chairman*) a partir de 1995. No Banco Mundial ocupou, de 1997 a 2000, os cargos de vice-presidente sênior e economista-chefe. Tornou-se professor da Universidade de Columbia em 2000 e serviu como presidente da Associação Internacional de Economistas de 2011 a 2014. Recebeu o Prêmio Nobel de Economia em 2001, por “lançar as fundações para a teoria dos mercados com informação assimétrica” (NOBEL FOUNDATION, s.d.a).

Esses sintéticos dados biográficos evidenciam que Solow e Stiglitz lograram recompensas institucionais de maior prestígio do que Georgescu-Roegen e Daly. Enquanto a primeira dupla se formou e lecionou em universidades de elite (notadamente Harvard, MIT e Columbia) e ocupou cargos de chefia e direção em órgãos econômicos governamentais de importância estratégica (ambos atuaram como con-

6. O Right Livelihood Award é chamado de Prêmio Nobel Alternativo porque sua criação, em 1980, se deu em razão da recusa da Fundação Nobel em acatar a sugestão do filantropo Jakob von Uexkull de criar dois novos prêmios Nobel, um ambiental e outro por promover conhecimento e perspectiva às populações de países em desenvolvimento (THE LIVELIHOOD FOUNDATION, [s. d.]a)

selheiros no Council of Economic Advisers norte-americano), Daly doutorou-se e tornou-se professor em universidades de menor reputação (Vanderbilt, Louisiana e Maryland), e, embora tenha trabalhado em organização internacional relevante (Banco Mundial), fê-lo na qualidade de funcionário (economista sênior). Georgescu-Roegen, conquanto tenha uma trajetória de imigração europeia que dificulta a comparação com os demais, não encontrou ambiente favorável em Harvard, o que o levou a assumir o magistério em Vanderbilt. Os prêmios recebidos pelos economistas desfrutam, ademais, de níveis díspares de notoriedade dentro da comunidade científica. Os neoclássicos foram agraciados com o Prêmio Nobel, distinção internacionalmente considerada como máxima na área da economia, em contraposição ao alcance nacional da maior honraria de Georgescu-Roegen (Distinguished Fellow of the American Economic Association) e da subsidiariedade do Prêmio Nobel Alternativo recebido por Daly. É digno de nota, ainda, o fato de este último ser o único entre os quatro economista que estabeleceu vínculos acadêmico-institucionais com países do Sul (Brasil e Austrália).

Esse enxuto recorte da biografia dos autores fornece, ainda, o pano de fundo para a análise de três eventos em que se observa a adoção de estratégias de bloqueio do diálogo que permitiram a emergência da incomensurabilidade do paradigma-artefato: (i) a exaltação seguida pelo banimento de Georgescu-Roegen do alto círculo acadêmico dos economistas norte-americanos; (ii) o veto ao diagrama de Daly no relatório “Desenvolvimento e Meio Ambiente” do Banco Mundial em 1992; e (iii) o silêncio de Solow e Stiglitz às críticas de Georgescu-Roegen e Daly, sucedidos de acusações de incompetência profissional e incompreensão dos fundamentos da disciplina.

No primeiro período que passou em Harvard, Georgescu-Roegen escreveu quatro artigos sobre teoria do consumidor e teoria da produção. O *paper* “The Pure Theory of Consumer Behaviour” de 1936 foi elevado ao *status* de clássico por Paul Samuelson, ao prefaciá-lo no livro-coletânea de Georgescu-Roegen, *Analytical Economics*, em 1966. No prefácio, Samuelson elogiou o romeno como “professor dos professores” e “economista dos economistas”, e desafiou “qualquer economista informado a permanecer complacente depois de refletir sobre a introdução do livro”. Dez anos mais tarde, Samuelson proscreeu-o, escrevendo, na décima edição de seu livro-texto *Economics*, que Georgescu-Roegen “não podia ser mais aceito porque se embrenhara pela obscura Ecologia” (CECHIN; VEIGA, 2010, p. 439).

Em 1992, quando ocupava o cargo de economista sênior no Departamento de Meio Ambiente no Banco Mundial,⁷ instado a revisar o relatório anual “Desenvolvimento e meio ambiente” da instituição, Daly sugeriu a inclusão da representação gráfica do ecossistema no diagrama intitulado “A relação entre economia e meio ambiente”. A primeira versão do diagrama – na visão de Daly, insuficiente – consistia em uma figura retangular denominada “economia”, com uma seta de entrada chamada “inputs” e uma seta de saída nomeada “outputs”. A segunda versão do relatório, redigida após a sua revisão, continha uma figura retangular inominada ao redor da correspondente à “economia”. Daly comentou que a ausência de denominação “meio ambiente” à figura a tornaria meramente decorativa. A terceira versão omitiu o diagrama por completo (DALY, 1999, p. 81-82).

Georgescu-Roegen enunciou os fundamentos de sua economia evolucionária pioneiramente em 1971. A exposição inaugural do modelo de economia estacionária de Daly se deu no livro *Toward a Steady-State Economy*, de 1973. Durante as décadas de 1970, 1980 e 1990, ambos os autores publicaram quantidade significativa de textos acadêmicos em crítica explícita à abordagem neoclássica do problema da escassez de recursos naturais. A primeira vez que Solow e Stiglitz fizeram menção direta aos argumentos de Georgescu-Roegen e Daly foi em 1997, em periódico orientado à economia ecológica e edição especial em homenagem póstuma ao fundador da disciplina. Os textos que compuseram o único debate direto registrado entre Daly, Solow e Stiglitz são repletos de acusações de incompetência profissional e de incompreensão do que é a economia. Além dos trechos trazidos na seção anterior do artigo, destacam-se as seguintes passagens.

Daly demonstrou preocupação pela saúde da disciplina econômica em razão do silêncio de duas décadas de Solow e Stiglitz à duradoura crítica de Georgescu-Roegen e os convidou “a pôr um fim nos ‘truques de mágica’ – de diversão matemática e jogos com o infinito no Jardim do Éden – e dedicar seus impressionantes poderes analíticos a ajudar no desenvolvimento de economia ecológica séria para o mundo real”

7. À época, o cargo de economista-chefe do Banco Mundial era ocupado por Lawrence Summers, conhecido pelo polêmico episódio do vazamento, às vésperas da Eco 92, de um memorando de circulação restrita de sua autoria. No documento, Summers questiona se o Banco Mundial não deveria incentivar mais a migração de indústrias poluentes para países pobres, uma vez que a expectativa de vida mais baixa de seus habitantes os tornaria menos suscetíveis aos efeitos da poluição e a morte de trabalhadores nesses locais teria custo mais baixo do que em nações ricas (NEW YORK TIMES, 1992).

(DALY, 1997a, p. 264-265). Solow retrucou ser muito difícil responder racionalmente a Daly, pois sua prosa “tende a se dissolver a qualquer momento em uma densa nuvem de justiça” (SOLOW, 1997, p. 267). Stiglitz concluiu sua réplica de duas páginas “usando menos árvores e outros recursos do que Daly em sua nota de quinze páginas” (STIGLITZ, 1997, p. 270).

Esses três eventos – anátema de Georgescu-Roegen, remoção do diagrama de Daly e silêncio de Solow e Stiglitz, seguido de afrontas pessoais – podem ser caracterizados como estratégias retóricas de não diálogo com vistas à preservação da coesão e identidade socioprofissional da economia em seu paradigma mecanicista e à manutenção de hierarquias institucionais, tanto em universidades quanto em órgãos governamentais e organizações internacionais. Ao bloquearem a comunicação com Georgescu-Roegen e Daly, Solow e Stiglitz frustraram a possibilidade de interlocução construtiva e garantiram a incomensurabilidade do paradigma-artefato com a nascente economia ecológica.

4. Paradigma-metafísico e o recurso à filosofia: o valor intrínseco da natureza, a necessidade humana por distinção e a distribuição intergeracional de recursos

Uma transição paradigmática também é marcada pelo retorno aos fundamentos filosóficos, pela revisão do princípio epistemológico geral que organiza a percepção da disciplina científica sobre ela mesma. No curso da pesquisa normal, os cientistas usualmente não interrogam o paradigma-metafísico sobre o qual se erigem as regras e pressupostos de suas ciências. “A coerência da tradição de pesquisa da qual participam não precisa nem mesmo implicar a existência de um corpo subjacente de regras e pressupostos, que poderia ser revelado por investigações históricas ou filosóficas adicionais” (KUHN, 1998, p. 70-71). Entretanto, em tempos de questionamento do paradigma dominante a busca pelo que torna um problema ele mesmo legítimo ressurgue com mais força. “É sobretudo nos períodos de crises reconhecidas que os cientistas se voltam para a análise filosófica como um meio para resolver as charadas de sua área de estudos. Em geral os cientistas não precisaram ou mesmo desejaram ser filósofos”

(KUHN, 1998, p. 119-120); eles tão somente instrumentalizam (“mantêm ao alcance da mão”, nas palavras de Kuhn) explicações filosóficas como “uma maneira eficaz de enfraquecer o domínio de uma tradição sobre a mente e sugerir as bases para uma nova” (KUHN, 1998, p. 120); voltando-se rapidamente em seguida à resolução dos problemas de suas ciências.

Nesse sentido, a análise empreendida nesta seção não tem por objetivo discutir a fundo os pressupostos filosóficos que subjazem aos argumentos econômicos defendidos por Georgescu-Roegen, Daly, Solow e Stiglitz, mas apontar o fato de que todos os quatro economistas sentiram necessidade de recorrer à filosofia – rápida e superficialmente, como já previsto por Kuhn – para fundamentar suas ideias no campo econômico. Nesse esforço, foram identificadas três questões filosóficas de fundo no debate entre Georgescu-Roegen/Daly e Solow/Stiglitz: (i) o desejo humano por distinção; (ii) o valor intrínseco ou instrumental da natureza; e (iii) o critério normativo da distribuição intergeracional de recursos.

A ênfase argumentativa de Daly em desfavor do crescimento econômico recaiu sobre sua impossibilidade física em razão da lei da entropia. Subsidiariamente, entretanto, o autor recorreu aos fundamentos do desejo humano por distinção e do valor intrínseco da natureza para considerar o crescimento também como indesejável. Em uma sociedade cujo principal meio de satisfação do desejo humano de sentir-se superior ao próximo é ter mais renda e consumir mais, arrazoou Daly em “Entropy, Growth, and the Political Economy of Scarcity”, o crescimento econômico é inócuo. “A única forma de todos ganharem mais é ter crescimento agregado. Mas essa é precisamente a questão. Se todo mundo ganha mais, onde está a distinção? É possível o aumento da renda absoluta de todos, mas não o aumento da renda relativa de todos” (DALY, [1979] 2011, p. 78). Para Daly, a finalidade última da economia é atender ao Fim Maior, cujo conteúdo teleológico mínimo “pressupõe o respeito pela criação e o processo evolutivo pelo qual Deus concedeu à humanidade a graça da vida consciente” (DALY, [1979] 2011, p. 77).

O valor intrínseco da natureza como freio à atividade econômica foi reforçado por Mark Sagoff em crítica direta à parte utilitária da argumentação de Daly. Para Sagoff, o avanço tecnológico pode, de fato, ter expurgado a razão instrumental para a conservação do meio ambiente, restando as razões morais, religiosas e culturais para justificar a demanda por sustentabilidade. O autor considerou frágeis as explicações en-

trópicas em comparação à “maravilha e glória espontâneas do mundo natural” e declarou que a destruição da biodiversidade é o crime pelo qual as futuras gerações menos estarão dispostas a perdoar a geração atual (SAGOFF, 1995, p. 8).

A réplica de Daly a Sagoff gravitou em torno da complementaridade entre valores intrínsecos e valores instrumentais: “sem uma noção de valor intrínseco, não há nada em relação a que o valor secundário possa ser instrumental. Sem uma noção de valor instrumental, não há meios operacionais de servir o valor intrínseco” (DALY, 1995, p. 4). Apesar de alertar para o perigo da distorção fanática de intuições religiosas, principalmente enveredando-se pela “heresia alquimista de que a tecnologia é onipotente”, mas também pelo “sentimentalismo panteísta pela divindade da natureza”, Daly apelou novamente à noção de Fim Último e ao dever humano de “proteger e aprimorar o valor intrínseco da criação de Deus e de seu potencial evolutivo” (DALY, 1995, p. 4).

Considerações morais estão praticamente ausentes dos modelos neoclássicos de alocação e distribuição de recursos, uma vez que estes pressupõem o conceito de utilidade como cálculo individual e racional com a finalidade de maximizar o prazer e minimizar a dor. Para essa escola econômica, a somatória das decisões individuais forma o mercado, que, regido pela mão invisível da lei da oferta e da procura e movido pelo lucro, leva a sociedade ao equilíbrio de preços e conduz à maximização da utilidade possível (STIGLITZ, [1979] 2011, p.60).

A preocupação com a escassez de recursos naturais para as gerações futuras, porém, fez surgir na economia neoclássica certa necessidade de fundamentação extra em termos de equidade e justiça – ainda que frequentemente seguida de equações matemáticas. Em “Intergeracional Equity and Exhaustible Resources”, Solow esforçou-se por refutar a teoria da justiça intergeracional de John Rawls em defesa de sua regra de ouro (sustentabilidade é sustentar o consumo *per capita* o máximo possível indefinidamente no tempo). O autor rejeitou a regra max-min de Rawls (cada geração deve manter o estoque de capital intacto e consumir todo o produto nacional líquido), arguindo que esta ignora o progresso tecnológico (SOLOW, 1974a, p. 34-41):

Rawls ressalta, e atribui pensamento similar a Herzen e Kant, que, ao menos em aparência, o processo de poupança é injusto no sentido de que as futuras gerações enriquecem à custa do sacrifício das anteriores e não oferecem nada em troca. [...] Mas eu penso que isso põe

a questão de forma muito simples. Há algo que o futuro pode fazer pelo passado: ele pode herdar menos capital. Se for assim, se o progresso técnico favorecer o futuro sobre o passado, a próxima geração pode compensar a primeira herdando ainda menos capital que aquela [...] O critério rawlsiano pode ser insatisfatório quando há população limitada mas progresso técnico ilimitado. Ele exige que a sociedade escolha um nível de consumo *per capita* constante quando poderia ter consumo exponencialmente crescente *per capita*.

A incursão dos economistas ecológicos e neoclássicos no campo da filosofia moral, conquanto limitada em função da especialização disciplinar e de seu caráter instrumental na defesa de cada paradigma nos momentos de crise, seguindo o esquema de Kuhn, revela uma alteração nos fundamentos metafísicos subjacentes aos paradigmas mecânico e evolucionário. O primeiro se alicerça no valor antropocêntrico de utilidade, restringindo sua reflexão moral à distribuição de recursos entre humanos no tempo. O segundo introduz a preocupação com o valor intrínseco de outras espécies conscientes, com apelo a elementos teológicos. Comum aos quatro economistas – enquanto cientistas sociais que operam paradigmaticamente – é a percepção da necessidade de se recorrer à argumentação filosófica como justificação de fundo para suas proposições econômicas. Sinal, segundo Kuhn, de erosão ou estremecimento do corpo de regras e pressupostos subjacente ao paradigma-metafísico dominante.

Conclusão

A impossibilidade de substituição completa entre capital natural e capital reprodutível, procurou-se argumentar e demonstrar neste artigo, é uma anomalia que não consegue ser resolvida pelo paradigma da economia mecanicista, sob cujas bases se assenta a escola neoclássica. A intensificação da consciência dessa anomalia levou ao surgimento da economia ecológica, teoria insurgente que se pretende dotada de ferramentas conceituais e metodológicas mais adequadas para lidar com o problema da escassez de recursos naturais e disputa para si o *status* de novo paradigma.

A transição paradigmática em curso entre a economia mecânica e a economia ecológica se faz sentir em suas dimensões artefato, sociológica e metafísica. A primeira é

representada pela inclusão da irreversibilidade do tempo como fator limitador da substituição entre capital natural e capital reprodutível. A incomensurabilidade entre os artefatos utilizados pelas teorias rivais se manifesta na diferença dos diagramas propostos para ilustrar os livros-texto de economia que formam as gerações de aprendizes na profissão. A observação do aspecto sociológico do paradigma, conjunto de hábitos compartilhados por uma comunidade científica, permite a descrição das estratégias de não diálogo adotadas pela economia mecânica, paradigma dominante, que possibilitam a emergência e manutenção da incomensurabilidade dos artefatos. A economia mecânica e a economia ecológica retornaram aos fundamentos filosóficos, dimensão metafísica da transição paradigmática, questionando, primordialmente, o valor da natureza, se instrumental ou intrínseco.

A estrutura de revoluções científicas proposta por Kuhn atribui à capacidade de convencimento da maioria ou da parcela mais influente da comunidade científica a probabilidade de triunfo de um paradigma sobre seu rival. A reconstrução do debate entre Georgescu-Roegen/Daly e Solow/Stiglitz, além de lançar luz e emprestar substância às três dimensões da incomensurabilidade entre os paradigmas mecânico e ecológico, parece oferecer posição privilegiada para significar desenvolvimentos posteriores no confronto entre os dois paradigmas.

Da perspectiva oferecida pela presente investigação, torna-se possível aprofundar os significados da observação de que, na disputa argumentativa pela proeminência paradigmática, o paradigma desafiante pode ter avançado no convencimento quantitativo. Afinal, o número de citações a artigos publicados no *Journal of Ecological Economics*, periódico de maior relevância da economia ecológica, aumentou 783% de 1994 a 2003 (MA; STERN, 2006, p. 495), e o fator de impacto do *Journal of Evolutionary Economics*, principal veículo editorial de produção e divulgação da economia evolucionária, aumentou em 600% de 1992 a 2017 (SPRINGER, 2017).

Entretanto, se da perspectiva do paradigma-artefato se poderia sugerir um ganho de circulação da economia ecológica, da perspectiva do paradigma-sociológico, as dificuldades enfrentadas por Georgescu-Roegen e Daly sugerem que ambos ficaram à margem do estrato dos economistas que gozam de maior prestígio entre os pares que compartilham a mesma identidade socioprofissional e que ocupam funções de maior relevância dentro de hierarquias institucionais, relacionadas às trajetórias profissionais de Solow e Stiglitz e suas estratégias de “não diálogo”. Assim, a despeito da

crescente incorporação da preocupação ambiental à análise econômica – refletida na premiação de William Nordhaus com o Nobel de Economia em 2018 “por integrar a mudança climática na análise macroeconômica de longo prazo” (NOBEL FOUNDATION, 2018) – a penetração da concepção de criação de valor a partir de irreversibilidade termodinâmica se faz menos sentida nos círculos de economistas que exercem maior influência e detêm primazia na comunidade científica.

Referências

- BEINHOCKER, Eric. *The Origin of Wealth: Evolution, Complexity, and the Radical Remaking of Economics*. Boston: Harvard University Press, 2006.
- BIAGIOLI, Mario. The anthropology of incommensurability. *Studies in History and Philosophy of Science*, v. 21, n. 2, p. 183-209, 1990.
- BONAIUTI, Mauro. Verbete 2: Bioeconomia. In: D’ALISA, Giacomo; DEMARIA, Federico; KALLIS, Giorgos (Orgs.). *Decrescimento: vocabulário para um novo mundo*. Porto Alegre: Tomo Editorial, 2016.
- BUTLER, Colin; HIGGS, Kerryn. Health, population, limits and the decline of nature. In: MARDSEN, Terry (Orgs.). *The SAGE Handbook of Nature*. Londres: Sage, 2018.
- CECHIN, Andrei. *Georgescu-Roegen e o desenvolvimento sustentável: diálogo ou anátema?* Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) –Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- CECHIN, Andrei Domingues; VEIGA, José Eli da. A economia ecológica e evolucionária de Georgescu-Roegen. *Revista de Economia Política*, v. 30, n. 3, p. 438-454, jul.-set. 2010.
- DALY, Herman. Reply to Mark Sagoff’s “Carrying capacity and ecological economics”. *BioScience*, v. 45, n. 9, p. 621-624, 1995.
- DALY, Herman. Georgescu-Roegen versus Solow/Stiglitz. *Ecological Economics*, n. 22, p. 261-266, 1997a.
- DALY, Herman. Reply to Solow/Stiglitz. *Ecological Economics*, v. 22, p. 271-273, 1997b.
- DALY, Herman. *Uneconomic growth and the built environment: in theory, in fact, in history and in relation to globalization*. (Palestra proferida na Universidade Saint John em 25 de outubro de 1999). Disponível em: https://digitalcommons.csbsju.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1009&context=clemens_lectures. Acesso em: 22 jun. 2020.
- DALY, Herman. Entropy, growth, and the political economy of scarcity [1979]. In: SMITH, Kerry (Org.). *Scarcity and growth reconsidered*. New York: Earthscan, 2011.
- GEORGESCU-ROEGEN, Nicholas. *The Entropy Law and the Economic Process*. Cambridge: Harvard University Press, 1971.

- GEORGESCU-ROEGEN, Nicholas. *La Décroissance*. Paris: Sang de la Terre, 1995 [1979].
- GEORGESCU-ROEGEN, Nicholas. Comments on the papers by Daly and Stiglitz. [1979] In: SMITH, Kerry (Org.). *Scarcity and Growth Reconsidered*. New York: Earthscan, 2011.
- HIRSCHMAN, Albert. *Exit, Voice, and Loyalty: Responses to Decline in Firms, Organizations, and States*. Cambridge: Harvard University Press, 1970.
- KLUGER, Elisa. *Meritocracia de laços: gênese e reconfigurações do espaço dos economistas no Brasil*. Tese (Doutorado em Sociologia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.
- KUHN, Thomas. *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press, 1962.
- KUHN, Thomas. *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Perspectiva, 1998.
- MA, Chunbo; STERN, David. Environmental and ecological economics: a citation analysis. *Ecological Economics*, v. 58, p. 491-506, 2006.
- MARQUES, Mabel Diz; SILVA, Raphael de Oliveira; MATA, Henrique Tomé da Costa. Meio ambiente, inovações tecnológicas e crescimento econômico: uma análise sob a perspectiva da economia ambiental e economia ecológica. *Cadernos do Desenvolvimento*, v. 14, n. 25, p. 109-128, jul.-dez. 2019.
- MASTERMAN, Margaret. The nature of a paradigm. In: LAKATOS, Imre; MUSGRAVE, Alana (Eds.). *Criticism and the Growth of Knowledge*. Cambridge: Cambridge University Press, 1970.
- MAYUNI, Kozo; GIAMPIETRO, Mario; GOWDY, John. Georgescu-Roegen/Daly versus Solow/Stiglitz Revisited. *Ecological Economics*, v. 27, p. 115-117, 1998.
- NEW YORK TIMES. *Furor on Memo at World Bank*. Publicado em: 7 fev. 1992. Disponível em: <https://www.nytimes.com/1992/02/07/business/furor-on-memo-at-world-bank.html>. Acesso em: 22 jun. 2020.
- NOBEL FOUNDATION. *Joseph E. Stiglitz - Biographical*. Publicado em: 2001. Disponível em: <https://www.nobelprize.org/prizes/economic-sciences/2001/stiglitz/biographical/>. Acesso em: 11 dez. 2019.
- NOBEL FOUNDATION. *Robert M. Solow - Biographical*. Publicado em: 2005. Disponível em: <https://www.nobelprize.org/prizes/economic-sciences/1987/solow/biographical/>. Acesso em: 11 dez. 2019.
- NOBEL FOUNDATION. *William D. Nordhaus - Biographical*. Publicado em: 2018. Disponível em: <https://www.nobelprize.org/prizes/economic-sciences/2018/nordhaus/facts/>. Acesso em: 22 jun. 2020.
- PEARCE, David. Substitution and Sustainability: Some Reflections on Georgescu-Roegen. *Ecological Economics*, v. 22, p. 295-297, 1997.
- SANCHEZ-RON, Jose. Science, Politics, Economics and Kuhn's Paradigms. In: BLUM, Alexander *et al.* (Eds.). *Shifting Paradigms: Thomas S. Kuhn and the History of Science*. Berlin: Max Planck Institute for the History of Science, 2016.
- SAGOFF, Mark. Carrying Capacity and Ecological Economics. *BioScience*, v. 45, n. 9, p. 610-620, 1995.
- SOLOW, Robert. Intergenerational Equity and Exhaustible Resources. *The Review of Economic Studies*, v. 41, p. 29-45, 1974a.

- SOLOW, Robert. The Economics of Resources or the Resources of Economics. *The American Economic Review*, v. 64, n. 2, p. 1-14, 1974b.
- SOLOW, Robert. An Almost Practical Step toward Sustainability. *Resources Policy*, p. 162-172, set. 1993.
- SOLOW, Robert. Reply: Georgescu-Roegen versus Solow/Stiglitz. *Ecological Economics*, v. 22, p. 267-268, 1997.
- SPRINGER. *Citations in Economics - Journal of Evolutionary Economics*. Publicado em: 2017. Disponível em: <http://citec.repec.org/s/2017/sprjoevec.html>. Acesso em: 22 jun. 2020.
- STIGLITZ, Joseph. Reply: Georgescu-Roegen versus Solow/Stiglitz. *Ecological Economics*, v. 22, p. 269-270, 1997.
- STIGLITZ, Joseph. A neoclassical analysis of the economics of natural resources. [1979]. In: SMITH, Kerry (Org.). *Scarcity and Growth Reconsidered*. New York: Earthscan, 2011.
- THE LIVELIHOOD FOUNDATION. *About the Livelihood Award*. Publicado em: [s. d.]a. Disponível em: <https://www.rightlivelihoodaward.org/honour/about-the-right-livelihood-award/>. Acesso em: 09 dez. 2019.
- THE LIVELIHOOD FOUNDATION. *Herman Daly*. Publicado em: [s. d.]b. Disponível em: <https://www.rightlivelihoodaward.org/laureates/herman-daly/>. Acesso em: 11 dez. 2019..
- TISDELL, Clem. Capital/Natural Resource Substitution: the Debate of Georgescu-Roegen (through Daly) with Solow/Stiglitz. *Ecological Economics*, v. 22 p. 289-291, 1997.
- VEIGA, José Eli da. Evolução darwiniana e ciências sociais. *Estudos Avançados*, v. 22, n. 63, p. 245-250, 2008.