

BASES, CONCEITOS E NOÇÕES ACERCA DO METABOLISMO ECONÔMICO-SOCIAL-ECOLÓGICO

Tiago Soares Barcelos¹
Pedro Luiz Teixeira Camargo²
Loyslene Freitas Mota³
Valmir Percival Guimarães⁴

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento é uma métrica que a muito tempo a humanidade almeja, visto que o futuro, conforme os conhecimentos vêm avançando, deve se apresentar como algo que vale a pena buscar, demonstrando uma responsabilidade intergeracional, pois caso contrário, constituirá de um progresso baseado na decadência. Hoje não é diferente, afinal, o devir social é o imaginário de nossos tempos. O devir nos mostra a importância de pensar e agir sobre os sistemas de ações, modificando e transformando a realidade na construção sobre os sistemas de objetos.

A economia ecológica, a geografia humana, e tantas inúmeras áreas do conhecimento atuam, em muitos momentos, pela perspectiva de atuação do virão-a-ser, buscando soluções para uma ação sinérgica entre a sociedade e o ambiente natural. Por esse motivo atuam de forma a abalar os modelos hegemônicos, e que nesse momento histórico, muitos dos esforços estão concentrados na compreensão do metabolismo econômico, social e ecológico.

Assim sendo, procuramos discutir nesse trabalho as definições acerca do que é o metabolismo econômico-ecológico; seus recursos de fluxo de estoques; e por fim, sobre os seus recursos de fundo de serviços. A motivação para isso se deu baseado no baixo número de publicações epistemológicas capazes de trazer a interação entre os meios monetários e ambientais tendo como base a teoria econômica ecológica, ainda pouco divulgada no Brasil apesar dos esforços acadêmicos de sua sociedade de estudos, a Sociedade Brasileira de Economia Ecológica (ECOECO). Cabe destacar que a metodologia empregada neste trabalho foi a revisão bibliográfica, com levantamento historiográfico das mais importantes diferenças e definições acerca da temática.

¹ Professor do Instituto de Ciências Sociais Aplicadas - ICSA/UNIFESSPA. Coordenador do Núcleo de Estudos em Sustentabilidade e Gestão Ambiental – NESGA e Membro da Direção Eixo Norte da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica (EcoEco). E-mail: tiago.barcelos@unifesspa.edu.br.

² Membro da Direção Eixo Sudeste da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica (EcoEco). Professor Efetivo do Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG) Campus Avançado Piumhi. E-mail: pedro.camargo@ifmg.edu.br.

³ Graduanda em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Metropolitana de Marabá (UNICEUMAR), técnica em Segurança do Trabalho pela Faculdade Adjetivo CETEP e membro do Núcleo de Estudos em Sustentabilidade e Gestão Ambiental da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (NESGA/UNIFESSPA). E-mail: loyslene.mota@gmail.com.br.

⁴ Doutorando em Teoria da Literatura e Literatura Comparada pela UERJ, Mestre em Estética e Filosofia da Arte e Graduado em Letras pela UFOP.

2. CATEGORIAS DE SISTEMAS, O FLUXO CIRCULAR DA RENDA E O DESENVOLVIMENTO

A base da Teoria Geral dos Sistemas advém das contribuições do biólogo húngaro Ludwig Von Bertalanffy (1901-1972), compreendendo o sistema como um conjunto de partes ou elementos que por sua vez, formam um todo comum (BERTALANFFY,1975). Então, quando se pensa em metabolismo econômico-social-ecológico, devemos pensar pela abertura dos sistemas complexos, sistemas esses, que demandam abordagens complexas e transdisciplinares. Entendemos então que esse é o caminho fundamental da economia ecológica, principalmente por possuir seus pilares nas bases da biologia e física.

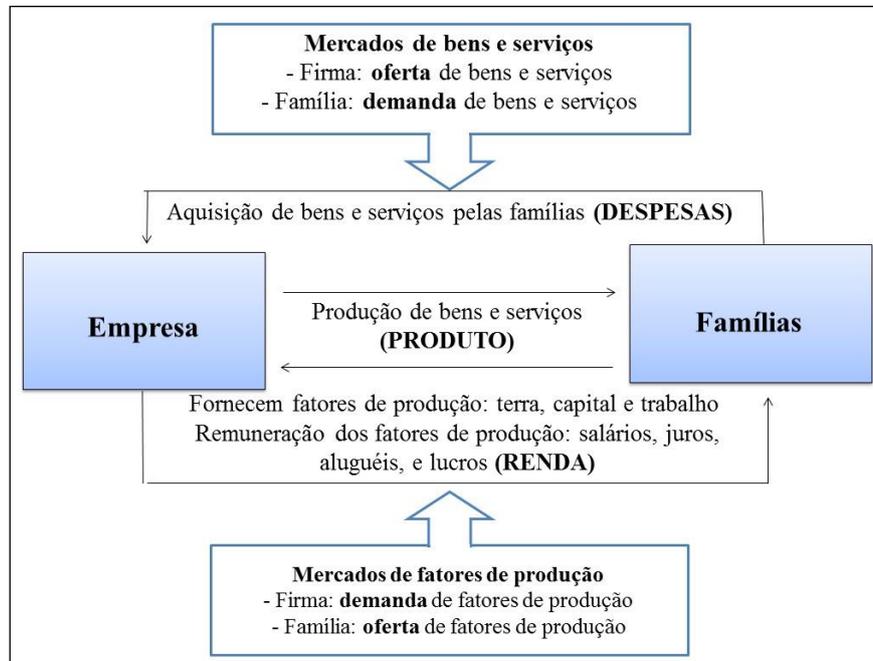
No começo da economia ecológica havia um debate entre três abordagens. A primeira (não) ia além da mera descrição da economia humana em termos ecológicos (fluxos de energia e materiais, evolução tecnológica por analogia à evolução biológica) e a busca por um parâmetro comum físico (tal como medido em termos energéticos). A segunda seguia a estratégia de pôr uma etiqueta de preço em tudo, usando preços de mercados fictícios quando faltavam preços de mercado reais. Enquanto essas duas abordagens são reducionistas, a terceira é transdisciplinar (MARTINEZ-ALIER, 2015, p. 1).

Quando pensamos nos princípios da física, principalmente os relacionados à termodinâmica, devemos pensar nos tipos de sistemas compreendidos pela sociedade. Dessa maneira, como mostram Daly e Farly, (2016, p. 50), os sistemas abertos, são aqueles que trocam matéria (e energia) com o exterior, ou seja, absorve e exclui matéria e energia. Já os sistemas fechados, apesar da possibilidade para troca energia, não trocam matéria com o exterior. Dentro de um sistema fechado ocorre apenas a importação e a exportação de energia, sendo que a matéria circula dentro do sistema, mas não flui através dele, desse modo, o planeta Terra se aproxima de um sistema fechado; e por fim, os sistemas isolados, são aqueles que nem a matéria e nem a energia entram e saem, neste sistema, provavelmente o único exemplo que se possa utilizar, é o próprio universo. O interior do sistema isolado, ou termodinamicamente isolado, encontra-se livre de qualquer ação exógena, além disso, ele não troca trabalho, calor ou até mesmo matéria com o exterior (DALY; FARLY, 2016, p. 50).

Assim, os sistemas abertos e fechados, por sua vez, são pontos chave para a compreensão das bases da economia ecológica. Resgatando a proposta clássica do fluxo circular da renda (Figura 1), observamos que não há troca com o exterior (ambiente natural), apresentando características de sistema fechado. Mesmo dentro do sistema mais aberto (Figura 2), em que se adiciona o governo e o restante do mundo, o sistema econômico continua apresentando as mesmas características de sistema fechados. Percebemos que há uma falácia da concretude deslocada, dado que há troca de matéria com o exterior, devido, principalmente

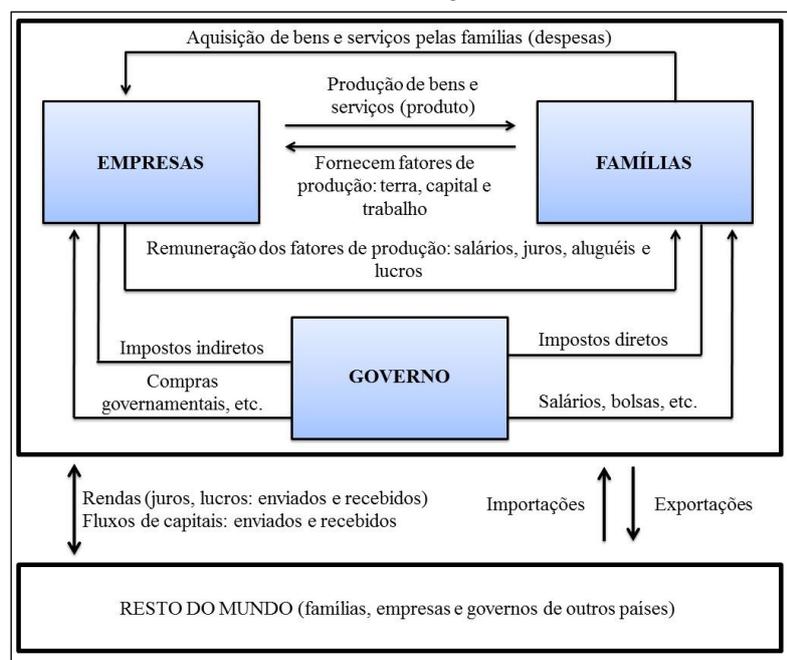
aos princípios termodinâmicos (lei da entropia), que são desconsiderados nos modelos macroeconômicos clássicos.

Figura 1 - Fluxo circular: economia fechada e sem governo.



Fonte: Adaptado, Thomas; Callan (2012).

Figura Erro! Nenhum texto com o estilo especificado foi encontrado no documento. - Fluxo circular: economia aberta e com o governo.



Fonte: Adaptado, Thomas; Callan (2012).

Os erros apresentados nos fluxos acima (Figuras 1 e 2) se dão pela desconsideração absoluta da natureza nas relações econômicas. Esse pensamento, é o que justificaria um crescimento econômico infinito, uma busca por um progresso errôneo, pois, esses fluxos desconsideram totalmente que o planeta Terra é um sistema fechado, e o seu crescimento não ocorre no vazio.

Para além disso, Cechin e Veiga (2010, p. 60), consideram como fundamento central da economia ecológica, a possibilidade de o crescimento ser antieconômico. Dessa forma, afirmam os autores, “tal alicerce epistemológico apresenta uma visão inteiramente falsa de qualquer economia, considerando-a um sistema isolado, no qual nada entra e do qual nada sai, e fora do qual não há nada” (CECHIN; VEIGA, 2010, p. 60). Os modelos neoclássicos esquecem fatores e fundamentos que estão na origem da palavra economia, pois o gerenciamento da casa é por uma escala planetária.

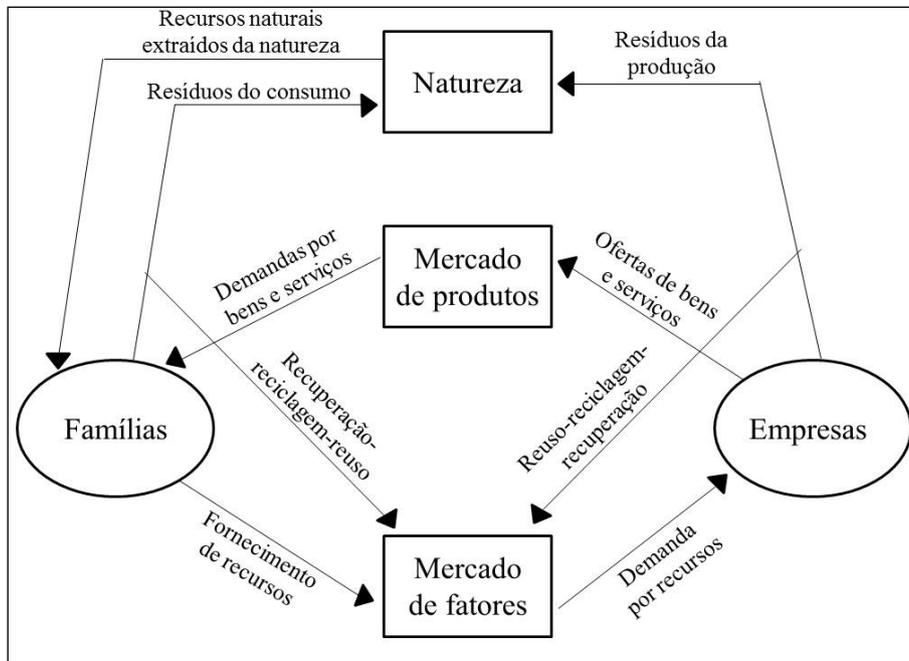
Montibeller (1999, p. 44), analisando a teoria schumpeteriana verifica que o fluxo circular está relacionado, principalmente a taxa de lucro como uma igualdade à taxa de juros, nesse caso, ainda apresentando uma evolução linear para o seu equilíbrio. É importante destacar ainda que em sistemas complexos, a linearidade é ilusória, nesse sistema é possível adicionar questões biológicas e físicas, apresentando problemas não lineares. Para Montibeller (1999, p. 44), “[...] o fluxo circular e o crescimento econômico são as formas como a teoria neoclássica percebe a evolução do capitalismo”. Desse modo, pela luz da economia ecológica, percebemos que dentro do atual sistema capitalista, é inviável pensar na concepção que diz sobre a economia ser um sistema aberto e o planeta um sistema fechado, afinal, o ambiente natural é indissociável da sociedade moderna. Assim, conforme o autor, “[...] o limite ecológico refere-se ao bloqueio final ao desenvolvimento econômico na medida em que se esgotam reservas capazes de serem exploradas monopolisticamente” (MONTIBELLER, 1999, p. 44).

Destarte, o fluxo circular permite apenas o crescimento, mas não o desenvolvimento econômico. O crescimento, segundo Sachs (2006, p. 97), não é suficiente para o desenvolvimento, visto que “[...] o crescimento pode coexistir com a desigualdade social, reproduzindo um processo histórico conhecido”, do qual pode se tornar ilusório a ideia de implementação estratégica em duas etapas, pois haveria primeiramente o crescimento, para depois a igualdade (SACHS, 2006, p. 97).

Com os princípios da termodinâmica aplicados à economia é possível compreender além do balanço de materiais, a sua capacidade de assimilação ou a resiliência e o fluxo de resíduos (Figura 3). De acordo com Thomas e Callan (2010, p. 16), em se tratando de resíduos, é possível atrasar, mas não dá para evitar o seu retorno para o meio ambiente por meio da

recuperação, reciclagem e reutilização. Além disso, devemos observar que neste modelo, há fluxos mais internos, indo dos dois fluxos de saída de resíduos de volta para o mercado de fatores.

Figura 3 - Fluxo circular: economia fechada, sem governo e com a natureza.



Fonte: Adaptado, Thomas; Callan (2012).

Adicionado ao fluxo circular, as questões referentes à natureza, temos dois distintos processos, o primeiro, sendo os ciclos ecológicos e o segundo, sendo os sistemas de produção. Sachs (2006), apresenta os ciclos ecológicos como o verdadeiro modelo para o sistema econômico. Desse modo, o sistema de produção, com o crescimento econômico, surge com grande desperdício de ambiental e “[...] sempre se deu em detrimento da conservação da natureza” (VEIGA; ZATZ, 2008, p. 42). Contudo, percebemos que há duas correntes de pensamento, a economia ecológica e a economia ambiental, que consideram estas variáveis, mas que, no entanto, divergem nas conclusões.

Baseando seus pressupostos na entropia e leis termodinâmicas, os pessimistas encontram-se no bojo da economia ecológica, para esse grupo, a extinção é inevitável e prevista tanto pelas leis da termodinâmica, quanto pela evolução darwiniana, tornando a palavra sustentável sem sentido (VEIGA; ZATS, 2008). A questão chave então é a capacidade de suporte, principalmente aquela que visa o equilíbrio entre as entradas (*inputs*) e suas saídas (*outputs*). Desse modo, Montibeller (1999, p. 94), dentro do geosistemas (ecologia humana), considerando estas variáveis, defende que “o conceito da capacidade de suporte encontra um correspondente atualizado, na noção de desenvolvimento sustentável”, o que torna o

desenvolvimento sustentável tal qual um mito da modernidade. Dessa maneira, para esse autor, [...] o conceito de desenvolvimento sustentável na economia capitalista é um vazio de conteúdo e o objetivo manifesto não passa de ideologia”, pois, nesse caso, o conceito de desenvolvimento sustentável se pauta em um sistema de produção e reprodução (MONTIBELLER, 1999, p. 94). Além disso, possui uma constante elevação das desigualdades sociais, espaciais e ambientais, que são por sua vez reproduzidas em uma escala global.

Veiga e Zatz (2008), fazem um bom resumo, apresentando o caminho dos otimistas e dos pessimistas, no qual os otimistas, afirmam que é perfeitamente possível conciliar conservação ambiental e crescimento econômico, mesmo quando ligado a proposta de desenvolvimento sustentável. Para os otimistas, o crescimento econômico, quando aliado ao desenvolvimento sustentável cria a possibilidade para melhorar a qualidade ambiental, dado, principalmente, a um certo nível de riqueza. A curva de Kuznets ambiental⁵ é um clássico desse modelo, pois a questão tecnológica está no cerne desse pensamento, afinal, com a inovação seria possível substituir vários recursos naturais.

Desse modo, observamos que a questão até então tratada se dá pela compreensão da sustentabilidade e do desenvolvimento sustentável. Existem diferentes conceitos, quando se fala de sustentabilidade, que podem ser tanto básicos quanto amplos. Assim, temos uma visão relacionada ao relatório de Brundtland (1991) considerando a necessidade de uma busca pela eficácia econômica, social e ambiental, sendo necessário um escopo que atenda às necessidades e anseios da população atual (compromisso sincrônico).

Portanto, torna-se assim impossível, na perspectiva de várias populações e comunidades, compreender o que vem a ser melhor, dado a questões espaciais, territoriais e temporais.

Veiga e Zatz (2008, p. 49), consideram que Georgescu-Roegen é o precursor dos pessimistas, pois, em sua visão, apenas o *decrescimento*⁶ é possível, isso para que a espécie humana não seja extinta. Já Daly (1996), um dos discípulos de Georgescu-Roegen, apresenta

⁵ Simon Smith Kuznets (1901-1985) recebeu o prêmio Nobel de Economia de 1971 devido a sua análise entre desigualdade de renda e crescimento do produto, analisando a economia pré-industrial, industrial e pós-industrial. Essa hipótese foi adaptada para questões ambientais, relacionando a degradação ambiental e a renda per capita, analisando momentos no qual não há impactos ambientais, impactos sem mitigação e impactos com mitigação. A curva de Kuznets ambiental consiste em afirmar que conforme a sociedade avança, gerando desenvolvimento e progresso, os impactos ambientais serão mitigados, melhorando a situação no momento pós-industrial.

⁶ O decrescimento foi a contribuição fundamental de Georgescu-Roegen à economia ecológica, pois considerando a lei da entropia, mesmo uma economia industrial que esteja em crescimento não se torna sustentável, portanto, nas economias ricas, não seria suficiente uma economia de estado estacionário, como proposta por Daly, apoiando-se em Stuart Mill, e sim um decrescimento, a única forma de se garantir a sobrevivência humana (MARTINEZ-ALIER, 2015, p. 5).

uma luz no fim do túnel, aliando o pessimismo da razão com o otimismo da verdade, considerando o estado estacionário como alternativa.

Montibeller (1999) afirma que não se deve desconsiderar os anseios das gerações futuras (visão diacrônica), entretanto, quem protege, ou deveria proteger o direito daqueles que ainda não nasceram? Em nosso entendimento, as gerações futuras devem ser tratadas como bens públicos, cabendo ao Estado sua real proteção.

Desse modo, devemos nos valer da busca pelo verdadeiro desenvolvimento, visto que invariavelmente irá apresentar limitadores a forma em que se busca o progresso, conceito esse que não pode ser visto pela ótica do crescimento econômico.

Montibeller (1999), ao apresentar esta definição clássica de desenvolvimento sustentável, afirma que este é um conceito bastante amplo e vago. Destarte, ele buscou ao longo de sua pesquisa compreender o verdadeiro desenvolvimento, proposto por Altvater (1995), pois, ele analisa o desenvolvimento sustentável sob a perspectiva do mito.

Já para Odum e Barrett (2015, p. 131), o conceito de desenvolvimento sustentável está atrelado ao conceito de capacidade de suporte, pois esse está relacionado com a ideia de “[...] manter, permanecer em existência, suportar, guardar ou fornecer sustento ou alimento”. Estes autores por sua vez definem que a sustentabilidade é dada quando há a manutenção do capital e dos recursos naturais. Isto posto, Odum e Barrett acrescentam que este termo é cada vez mais usado como “[...] um guia para o futuro desenvolvimento, pois muito do que os humanos estão hoje fazendo na área de gestão de consumo e ambiente são obviamente insustentáveis” (ODUM; BARRETT, 2015, p. 131).

3. SUSTENTABILIDADE E O FLUXO ENTRÓPICO

Para Kates (2001), a sustentabilidade é uma nova ciência, precisando avançar em três caminhos. O primeiro, é a ampliação para a discussão dentro da comunidade científica do Norte e do Sul, relacionando questões e metodologias chaves; segundo, a ciência deve estar conectada com a política do desenvolvimento sustentável; e, terceiro, e o mais importante, as pesquisas devem estar focadas no caráter das interações entre a sociedade e a natureza.

Dado o resumo de Veiga e Zatz (2008), entre otimistas e pessimistas, estes apresentam outras análises teóricas, dividindo o conceito de sustentabilidade em fraca e forte. Daly (2004, p. 39), respondendo sobre o que vem a ser desenvolvimento sustentável, coloca “[...] Na primeira abordagem (neoclássica) a questão central é a utilidade”, ou seja, a utilidade das gerações futuras não deve ser declinante. Nessa abordagem, a principal discussão é em como manter o crescimento ao longo prazo, considerando, sobretudo o capital natural.

A segunda abordagem (economia ecológica), afirma que os rendimentos físicos devem ser sustentáveis, por meio dos recursos de fundo de estoque e recursos de fluxo de serviços que são providos pela natureza. Mebratu (1998), considera que o sistema natural possui mecanismos de auto regulação que apresentam uma teia complexa de sistema de *feedbacks* positivos e negativos. Esses sistemas de feedback são operados dentro do contexto da capacidade de suporte, regeneração e assimilação dos respectivos sistemas. Assim, essas diferenças serão a base da discussão que há entre a sustentabilidade fraca e forte.

Carvalho e Barcellos (2010), ao analisar as contribuições de Solow (economista neoclássico) apresentam que, na visão de Solow, quando se há justiça e equidade entre as gerações, o consumo *per capita* deve ser crescente ou no mínimo constante a longo prazo (critério de Solow). Assim, tanto capital natural exaurível, como o capital reprodutível devem se manter constante, algo que não é possível, ao menos para o capital exaurível, afetando assim, o capital reprodutível. Dessa forma:

De um lado ficaram os defensores da sustentabilidade fraca segundo a qual não interessava como era feita a distribuição entre capital natural exaurível e o reprodutível, o importante era que o capital total permanecesse constante. Ou seja, substituir uma floresta por uma indústria não seria um problema, desde que ambos tivessem o mesmo valor, pois, a princípio, se estaria substituindo um tipo de capital por outro. Está implícito aqui que não haveria maiores dificuldades em mensurar monetariamente o estoque dos diferentes tipos de capital. Do outro lado ficaram os defensores da sustentabilidade forte, como Daly, que defendem que o capital natural é complementar e não substituível pelo capital reprodutível. O capital natural, para se assegurar a sustentabilidade, deveria ser mantido constante, no todo ou em pelo menos uma parte do mesmo, o chamado capital natural crítico (CARVALHO; BARCELLOS, 2010, p. 100).

Percebemos que, à vista disso, quando se considera o conceito da sustentabilidade fraca, “[...] não se reconhecem, portanto, as características únicas de certos recursos naturais que, por não serem produzidos, por não ser substituídos pela ação humana” (ROMEIRO, 2010, p. 10). Em outras palavras, há recursos naturais insubstituíveis, do qual a humanidade depende e nada pode fazer para criá-los. A economia neoclássica defende este conceito, pois assume que “[...] a degradação ambiental pode ser compensada pelos benefícios econômicos, onde seus indicadores são mensurados por unidades monetárias” (MIKHAILOVA, 2004, p. 31). Ou seja, a valoração ambiental pode ser um aliado nas análises, visto que não irá apresentar apenas o viés econômico.

Em contrapartida, conforme Lima (2006, p. 4), a sustentabilidade forte, apresenta no mínimo duas variáveis: o sistema econômico e o ecossistema. Portanto, são variáveis regidas pelo princípio da dependência em que a variável dependente é o sistema econômico. Mikhailova (2004, p.31), afirma que a economia ecológica está mais inclinada a este conceito, pois ela, em

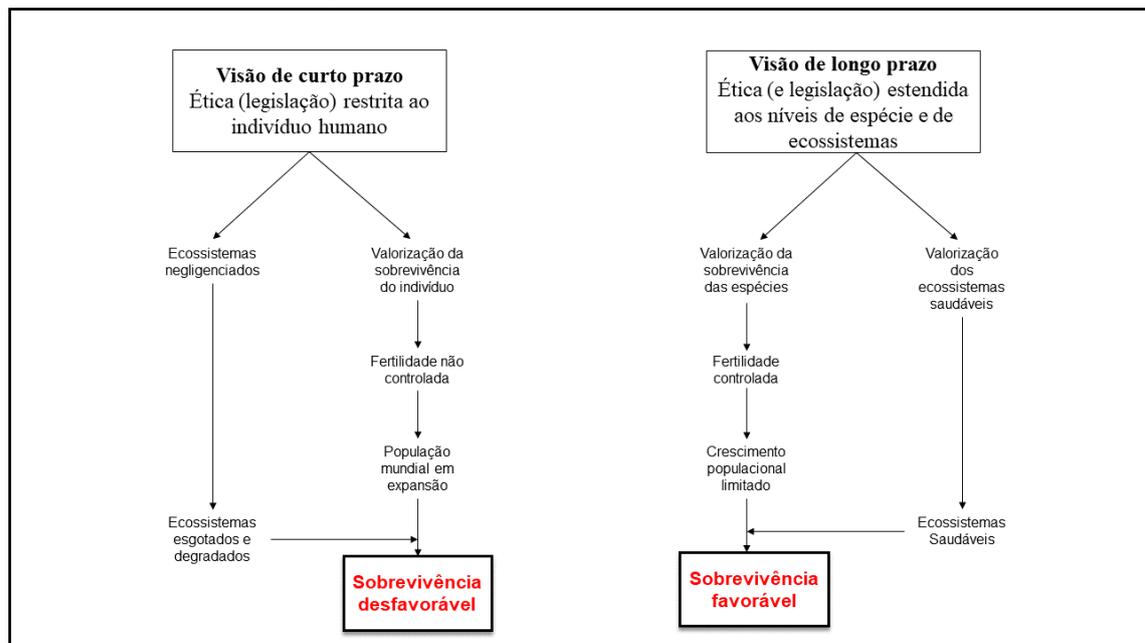
seus indicadores são mensurados em unidades físicas, isso porque as perdas ambientais não podem ser compensadas por benefícios financeiros.

Contudo, para Enriquez (2007, p. 79), há três modos de abordar o desenvolvimento sustentável:

- 1) Sustentabilidade fraca, trata a sustentabilidade como uma nova forma de eficiência econômica;
- 2) Sustentabilidade forte, considera que a eficiência é um critério inadequado;
- 3) Teses econômico-ecológicas, propõem certa complementaridade entre as análises da sustentabilidade fraca e a forte.

Percebemos que esta questão é fundamental para a construção de cenários, no quais são necessárias políticas de transição de curto e de longo prazo. Barrett (2015), apresenta uma síntese do que vem a ser definida por bioética (Figura 4).

Figura 4 - Modelo de sobrevivência em dois cenários.



Fonte: Odum e Barret (2007, p. 473).

Na Figura 4, há dois cenários, sendo o primeiro baseado em uma visão de curto prazo e o segundo, baseado em uma visão de longo prazo. A depender da relação do ser humano com a natureza, ao final, podemos ter um padrão desfavorável à sobrevivência, principalmente quando se foca no indivíduo (tempos atuais), ou uma perspectiva contrária, a depender da visão a ser implementada quando se adiciona os ecossistemas e espécies.

Isto posto, a sustentabilidade, independe da escola de pensamento, pois deverá compreender o fluxo do sistema econômico em relação a natureza, por questões de

sobrevivência. Dado que o presente estudo se concentra na economia ecológica, será abordada esta visão.

Ao tratar do fluxo circular, o conceito de fluxo entrópico (*throughput*), possui a mesma ideia do fluxo metabólico de um organismo vivo (CAVALCANTI, 2010, p. 58). O transumo linear, segundo Daly e Farley (2016, p. 66), se dá pela medida de unidades físicas e “[...] encontra-se estritamente sujeito às leis de conservação de massa e energia e à lei da entropia”. Como pode ter sido observado no fluxo circular, há um falso dilema entre crescimento e desenvolvimento, pois na visão neoclássica não existem limites físicos para o crescimento econômico.

No fluxo entrópico, dado ao modelo biofísico do sistema econômico, o seu processo metabólico de recursos é transformado em resíduo/rejeito (matéria e energia de alta entropia). Assim o processo metabólico econômico pode ser pensado como o metabolismo humano e animal.

Harari (2015, p. 345), analisando a revolução científica, diz que no início, a única máquina capaz de realizar conversão de energia era o corpo humano. Dessa maneira, dentro do processo natural do metabolismo, “[...] o corpo dos humanos e de outros animais queimam combustíveis orgânicos conhecidos como alimentos e convertem a energia liberada em movimento muscular”. Assim, as espécies vivas podiam consumir grãos e carne, queimando seus carboidratos e gorduras, usando essa energia para puxar carroça ou até mesmo um arado. Portanto, a economia possui a mesma proposta, pois, utiliza o capital natural, humano e social a fim de transformar recursos em bens e serviços, em outros termos, queimando energia e gerando resíduos.

É interessante notar que a eficiência nem sempre resulta na melhora do metabolismo econômico, lembrando assim do Paradoxo de Jevons⁷ que, analisando o problema do carvão do seu tempo, percebeu que o uso mais efetivo de energia não implicaria na redução do seu consumo (efeito bumerangue). Um exemplo moderno deste paradoxo, são os combustíveis fosseis em que os carros são os mais eficientes, todavia, sabemos que se queima em demasia nos trânsitos das cidades, anulando dessa maneira, estes benefícios. Daly e Farley (2016, p. 71), percebem este efeito como se tivessem “[...] desenvolvido automóveis que percorrem o

⁷ William Stanley Jevons (1835-1882), em seu livro publicado em 1865, intitulado “O problema do carvão” descreve que a evolução tecnológica não garante o consumo eficaz dos recursos. Nesse sentido, o aperfeiçoamento tecnológico consegue de fato reduzir o consumo de matéria e energia, entretanto, o seu consumo tende a crescer e não a diminuir. O paradoxo de Jevons também é conhecido como efeito bumerangue, visto que a maior eficiência energética estimula o crescimento econômico, forçando os agentes a consumirem mais energia, retornando ao ponto inicial (ou ampliando a intensidade).

dobro de quilômetro por litro gasto e, em seguida, percorre o dobro da distância, queimando assim o mesmo número de litros”.

Ramos-Martín (2012, p. 71), verificando a veracidade do Paradoxo de Jevons, chega a números bem expressivos. Parte do seu trabalho se dá no caso da China. No ano de 1985 a 2009 a intensidade energética (eficiência), resultou em um consumo total de energia muito superior à própria eficiência. Em outras palavras, os chineses introduziram novas tecnologias para aumentar a eficiência de sua matriz energética, mas estas tecnologias não resultaram em uma redução do consumo, muito pelo contrário.

Observamos dessa maneira que o metabolismo econômico-ecológico vem sendo desconsiderado nos modelos clássicos de crescimento. Destarte, observamos ainda que as propostas econômicas em torno do desenvolvimento sustentável são ineficazes, pois há uma forte corrente que busca a monetarização da natureza, transformando-a em mercadoria, sem compreender o seu metabolismo (COSTA; SANTIAGO, 2015).

Diante deste cenário, a opção pela economia ecológica vem se tornando relevante para a compreensão dos efeitos das ações humanas na natureza. Isso pelo fato de que ela oferece um olhar crítico sobre o processo de produção e consumo, considerando os limites ecológicos e entrópicos. Portanto, Leff (2001, p. 44), reforça que não é possível desconsiderar “[...] o intercâmbio econômico e às condições do metabolismo geral da natureza”.

A fim de compreender este intercâmbio, Daly e Farley (2016), extraíndo as ideias de Georgescu-Roegen, utilizam dois conceitos de suma importância para o presente trabalho, sendo: recursos de fluxo de estoque e recursos de fundo de serviços. Os recursos de fluxo de estoque são “[...] materialmente transformados naquilo que produz” (DALY, FARLEY, 2016, p. 118). Já Andrade e Romeiro (2009, p. 6), destacaram que os recursos de fluxo de estoque “[...] são aqueles recursos do capital natural que são incorporados no produto final”.

Dentro do metabolismo econômico pode-se usar os estoques existentes de matéria prima em qualquer ritmo em que o fator tempo não é relevante. Este fluxo proporciona os materiais que podem ser empregados na economia; conforme Daly e Farley (2016, p. 117) o “tempo não entra nesta equação, assim a unidade apropriada para medir a produção de um recurso de fluxo de estoque é a quantidade física de bens ou serviços que consegue produzir”. Isto se dá, continuam os autores, devido o fluxo poder ser armazenado para o futuro.

Já os recursos de fundo de serviços possuem outra conotação, pois, eles se desgastam, mas não se esgotam. O fundo não está incorporado no produto/serviço, ele está relacionado com o tempo. Desse modo, esse serviço não pode ser armazenado para o futuro. Andrade e Romeiro (2009, p. 6), complementam informando que “[...] eles produzem serviços a taxas fixas

e estes não podem ser estocados para uso futuro”. Percebemos assim, que o fundo de serviços é o contrário do fluxo de estoque, principalmente porque eles são “[...] apenas depreciados, podendo ser reutilizados em um novo ciclo de produção” (ANDRADE; ROMEIRO, 2009, p. 6).

Portanto:

As complexas e dinâmicas interações entre os recursos estoque-fluxo e fundo-serviços (componentes do capital natural), cuja totalidade pode ser chamada de elementos estruturais do capital natural – produzem o que é conhecido como funções ecológicas ou funções ecossistêmicas. Estas incluem transferência de energia, ciclagem de nutrientes e da água, regulação de gases, regulação climática, etc. O conhecimento humano sobre como as funções ecossistêmicas emergem do funcionamento e interação dos elementos estruturais do capital natural é muito limitado, o que dificulta a antecipação dos impactos das atividades humanas sobre tais funções (ANDRADE; ROMEIRO, 2009, p. 7).

Para exemplificar, podemos considerar que na mineração, os minérios são recursos de fluxo de estoque, pois são transformados e podem ser utilizados em qualquer ritmo, além disso, eles podem ser armazenados e também se esgotam. Em outras palavras, os recursos de fluxo de estoque são a causa-material do processo produtivo (ANDRADE; ROMEIRO, 2009). Já o processo de extração mineral, consiste em um recurso de fundo de serviço, pois, eles não são materialmente transformados e podem ser sobretudo utilizados, apenas a um determinado ritmo e não podem ser armazenados, pois eles também se desgastam. Desse modo, a maioria dos serviços ecossistêmicos do capital natural entra nessa denominação.

Nesse caso, a água, dentro do processo de extração mineral pode possuir ambas perspectivas, pois se consideramos a água potável utilizada no processo, ela torna-se um fluxo de estoque, enquanto a água de reuso e reaproveitamento, é um fundo de serviço. Por conseguinte, a produção mineral é um sistema aberto, possuindo um complexo metabolismo econômico-ecológico em que o fluxo circular neoclássico de crescimento apresenta problemas estruturais.

Portanto, para Daly e Farley (2016, p. 72), temos uma faca de dois gumes no momento em que se colocam todas essas variáveis econômico-ecológicas, O primeiro gume corresponde a um aumento da demanda por capacidade de suporte (pegada ecológica); já o segundo gume, está associado a uma diminuição da oferta de capacidade de suporte (índice planeta vivo). Deste modo, “[...] ambas as lâminas estão sendo manejadas pela mesma mão – chamada de crescimento” (DALY; FARLEY, 2016, p. 72).

Por outro lado, quando aplicado no exemplo da questão mineral, percebemos que os recursos são dinâmicos devido ao fato de que os “[...] recursos não são, eles se tornam”, devido a sua elasticidade em resposta a interesses e ações do homem, condições tecnológicas, econômicas e políticas (ENRIQUEZ, 2010, p. 55).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Percebemos ao longo desse artigo as bases do pensamento da economia ecológica, e sua vertente crítica e cética aos modelos hegemônicos. Dito isso, o crescimento se apresenta como embuste social, por desconsiderarem dentro dos processos econômicos o primado da biologia e da física. A economia pelos modelos neoclássicos se constitui em uma proposta na qual ambas estão a serviço dos sistemas econômicos, constituindo de uma inversão lógica. Assim, o crescimento infinito proposto pelos economistas convencionais é simplesmente utópico, não existe essa possibilidade, afinal, os recursos são escassos, sendo que essa afirmação se constitui da própria base do pensamento econômico.

Nesse sentido, há lacunas metodológicas a serem preenchidas, constituindo um dos desafios futuros dos estudiosos do tema. Há, portanto, a necessidade de unificação da economia considerando o primado ecológico e entrópico, ao qual esse subsistema se encontra. Essa arquitetura analítica vem sendo trabalhada por diversos profissionais e pesquisadores, muitos deles foram apresentados durante a explanação desse trabalho, entretanto, o nosso desafio consiste em realizar a ligação com as bases da economia ecológica.

Ao utilizarmos a economia ecológica como elo de ligação entre a economia, ecologia e entropia (além de outras disciplinas), nos valendo desta como teoria maior, buscamos trazer um pouco da construção inicial da instrumentação do modelo teórico econômico ecológico para o debate acadêmico. Não por acaso consideramos esse trabalho transdisciplinar, por envolver os mais diversos saberes, dentro de uma teoria substantiva aberta e plural, tornando possível uma análise que contemple da totalidade ao lugar.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e pelo Núcleo de Estudos em Sustentabilidade e Gestão Ambiental (NESGA/UNIFESSPA).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALTVATER, Elmar. **O preço da riqueza**: pilhagem ambiental e a nova (des)ordem mundial. Tradução de Wolfgang Leo Maar. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1995.
- ANDRADE, Daniel Caixeta; ROMEIRO, Ademar Ribeiro. Capital natural, serviços ecossistêmicos e sistema econômico: ruma a uma economia dos ecossistemas. **Texto para discussão**, IE/Unicamp, n. 159, p. 1-23, 2009.
- BERTALANFFY, Ludwig Von. Teoria Geral dos Sistemas; Ed. Vozes;1975.
- BRUNDTLAND, Relatório de. **Nosso Futuro Comum**. 2ed. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1991.

- CARVALHO, Paulo Gonzaga Mibielli; BARCELLOS, Frederico Cavadas. Mensurando a sustentabilidade. In: MAY, Peter H (Org). **Economia do meio ambiente: teoria e prática**. 2.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, p. 99-132, 2010.
- CAVALCANTI, Clóvis. Concepções da economia ecológica: suas relações com a economia dominante e a economia ambiental. **Estudos avançados**. 24 (68), p. 53-67, 2010.
- CECHIN, Andrei Domingues; VEIGA, José Eli da. O fundamento central da economia ecológica. In: MAY, Peter H (Org). **Economia do meio ambiente: teoria e prática**. 2.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.
- DALY, Herman. **Beyondg growth**. Boston, EUA: Beacon Press, 1996.
- DALY, Herman. E. Sustainable Development - Definitions, Principles, Policies. In: KEINER, M. (Ed.). **The Future of Sustainability**. Dordrecht: Springer; 2004. p.39-53.
- DALY, Herman; FARLEY, Joshua. **Economia ecológica**. São Paulo: Annablume Cidadania e Mio Ambiente, 2016.
- ENRIQUEZ, M. A. R. S. **Maldição ou Dádiva? Os dilemas do desenvolvimento sustentável a partir de uma base mineira**. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília. Brasília, DF, 2007.
- HARARI, Yuval Noah. **Sapiens: uma breve história da humanidade**. L&PM Editores, São Paulo/SP, 2015.
- KATES, R. W. et al. Sustainability Science. **Science**, v. 292, n. 5517, p. 641- 642, 2001.
- LEFF, Enri. Economia ecológica e ecologia produtiva. In: LEFF, Enri. **Saber ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade e poder**. Petrópolis, RJ: Vozes, p. 42-55, 2001.
- LIMA, Sérgio Ferraz. Introdução ao conceito de sustentabilidade: introdução e prática. **Cadernos da escola de negócios**. Vol.4 N° 4 – jan/dez 2006.
- MARTÍNEZ, J.M. **Economia ecológica**. International encyclopedia of the social and behavioral science. Tradução: Joseph S. Weiss e Clóvis Cavalcanti, 2015.
- MEBRATU, D. Sustainability and Sustainable Development: Historical and Conceptual **Review**. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 18,p. 493-520, 1998.
- MIKHAILOVA, Irina. Sustentabilidade: evolução dos conceitos teóricos e os problemas da mensuração prática. **Revista economia e desenvolvimento**, n° 16, p. 22-41, 2004.
- MONTIBELLER FILHO, Gilberto. **O Mito do Desenvolvimento Sustentável**. Tese de Doutorado (Ciências Humanas/Sociedade e Meio Ambiente). Florianopoles, UFSC, 1999.
- ODUM, Eugene P; BARRETT, Gary W. **Fundamentos em ecologia**. 5° edição, Cengage Learning, 2015.
- RAMOS-MARTINS, Jesus. Economía biofísica: El flujo metabólico y otros conceptos procedentes de la ecología y la termodinámica ayudan a valorar si un sistema económico es o no viable. **Investigación y Ciencia**, p. 68-75, jun. 2012.
- ROMEIRO, Ademar Ribeiro. Economia ou economia política da sustentabilidade. In: MAY, Peter H (Org). **Economia do meio ambiente: teoria e prática**. 2.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, p. 3-32, 2010.
- SACHS, Ignacy. Rumo **À ecossocioeconomia: teoria e prática do desenvolvimento**. Cortez editor, São Paulo - SP, 2006.
- THOMAS, Janet M; CALLAN, Scott. **Economia ambiental: fundamentos, políticas e aplicações**. São Paulo: Cengage Learning, 2012.
- VEIGA, José Eli da.; ZATZ, Lia. **Desenvolvimento sustentável: que bicho é esse?** São Paulo: editora autores associados, 2008.

Recebido para avaliação em fevereiro de 2020.

Aceito para publicação em junho de 2020.

RESUMO

Trabalhos epistemológicos preocupados em melhor definir os rumos do metabolismo econômico-social-ecológico são poucos, sendo assim, propôs-se neste artigo discutir algumas das principais definições acerca dessa temática; incluindo-se aí: as suas bases, os seus conceitos, os recursos de fluxo de estoques, e ainda os recursos de fundo de serviços. Cabe destacar que a metodologia empregada neste trabalho foi a revisão bibliográfica, com levantamento historiográfico das mais importantes diferenças e definições sobre o tema. Como resultado, podemos dizer que foi percebido ao longo desse artigo como as bases do pensamento da economia ecológica são céticos aos modelos hegemônicos majoritários. Assim, é possível concluir que o crescimento se apresenta como embuste social, pois desconsidera o primado da biologia e da física. Portanto, o crescimento infinito proposto pelos economistas convencionais é simplesmente utópico, não existindo essa possibilidade.

Palavras chave: Economia Ecológica; Metabolismo Social; Fluxo Circular da Renda; Desenvolvimento; Fluxo Entrópico.

ABSTRACT

Epistemological studies concerned with better defining the direction of the economic-social-ecological metabolism are few, therefore, it was proposed in this article to discuss some of the main definitions about this theme; including: its bases, its concepts, the resources of stock flow, and also the resources of services fund. It should be noted that the methodology used in this work was the bibliographic review, with a historiographical survey of the most important differences and definitions on the theme. As a result, we can say that it was perceived throughout this article how the foundations of ecological economics are skeptical of majoritarian hegemonic models. Thus, it is possible to conclude that growth presents itself as a social scam, as it disregards the primacy of biology and physics. Therefore, the infinite growth proposed by conventional economists is simply utopian, and there is no such possibility.

Keywords: Ecological Economy; Social Metabolism; Circular Income Flow; Development; Entropic Flow