



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
NÚCLEO DE ALTOS ESTUDOS AMAZÔNICOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO
TRÓPICO ÚMIDO

MATHEUS FRASÃO SANCHES

**A TRADIÇÃO DA ECONOMIA DO MEIO AMBIENTE E O PENSAMENTO DE
NICHOLAS GEORGESCU-ROEGEN: PERSPECTIVAS NO DEBATE ATUAL E
INFLUÊNCIA SOBRE POLÍTICAS DE BIOECONOMIA**

BELÉM-PA
2024



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
NÚCLEO DE ALTOS ESTUDOS AMAZÔNICOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO
TRÓPICO ÚMIDO

MATHEUS FRASÃO SANCHES

**A TRADIÇÃO DA ECONOMIA DO MEIO AMBIENTE E O PENSAMENTO DE
NICHOLAS GEORGESCU-ROEGEN: PERSPECTIVAS NO DEBATE ATUAL E
INFLUÊNCIA SOBRE POLÍTICAS DE BIOECONOMIA**

Trabalho de dissertação, apresentado como requisito parcial para obtenção de um grau de mestre em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido, pela Universidade Federal do Pará

Orientador: Dr. Danilo Araújo Fernandes

BELÉM-PA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S211t Sanches, Matheus.
A TRADIÇÃO DA ECONOMIA DO MEIO AMBIENTE E O
PENSAMENTO DE NICHOLAS GEORGESCU-ROEGEN: :
PERSPECTIVAS NO DEBATE ATUAL E INFLUÊNCIA
SOBRE POLÍTICAS DE BIOECONOMIA / Matheus Sanches. —
2024.
87 f. : il.

Orientador(a): Prof. Dr. Danilo Fernandes
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Núcleo
de Altos Estudos Amazônicos, Programa de Pós-Graduação em
Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido, Belém, 2024.

1. Bioeconomia. 2. Desenvolvimento Sustentável. 3.
História Econômica. 4. Georgescu-Roegen. 5. Políticas
Públicas. I. Título.

CDD 338.927

MATHEUS FRASÃO SANCHES

**A TRADIÇÃO DA ECONOMIA DO MEIO AMBIENTE E O PENSAMENTO DE
NICHOLAS GEORGESCU-ROEGEN: PERSPECTIVAS NO DEBATE ATUAL E
INFLUÊNCIA SOBRE POLÍTICAS DE BIOECONOMIA**

Trabalho de dissertação, apresentado como requisito parcial para obtenção de um grau de mestre em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido, pela Universidade Federal do Pará

Orientador: Dr. Danilo Araújo Fernandes

Defendida e aprovada em: / /2024.

Banca Examinadora:

Prof.
Orientador

Prof. Dr.
Examinador

Prof. Dr.
Examinador

BELÉM-PA

2024

*Walk on through the wind
Walk on through the rain
For your dreams be tossed and blown
Walk on, walk on
With hope in your heart
And you'll never walk alone
(...)*

Gerry & The Pacemakers – You'll never Walk Alone

In a different way than in the past, man will have to return to the idea that his existence is a free gift of the sun. (Georgescu-Roegen, 1971, p. 39)

RESUMO

O presente trabalho investiga a partir de um recorte historiográfico e conceitual a formação do debate sobre os recursos naturais e o meio ambiente na história do pensamento econômico. Neste sentido, analisa-se a interação complexa entre o sistema econômico e a natureza, em seu sentido mais amplo, buscando nortear o aparecimento do conceito de bioeconomia para o debate contemporâneo voltado ao enfrentamento da questão da emergência climática. Para isso, enfatiza a virada de chave historiográfica e o papel desempenhado pela contribuição seminal do economista romeno Georgescu-Roegen para a formação do conceito de bioeconomia nos anos de 1970. Além disso, explora como, a partir desse momento, duas abordagens teóricas distintas emergem para lidar com os desafios impostos pela questão ambiental e que analisam o processo econômico de forma distintas: uma que, seguindo os princípios propostos por Georgescu-Roegen, promove a busca por uma integração mais estreita entre as esferas da teoria econômica da produção e a emergente ciência da ecologia; e outra que, mantendo a inspiração epistemológica ancorada na física da primeira metade do século XIX, busca reincorporar o papel dos recursos naturais e das variáveis ambientais “esquecidas” na análise econômica contemporânea. Por fim, o texto evidencia as divergências teóricas e práticas dessas abordagens, e como estas moldam as diversas concepções contemporâneas de bioeconomia, que hoje influenciam na formulação de políticas públicas voltadas para conciliar desenvolvimento econômico com sustentabilidade ambiental, num cenário de mudanças climáticas ao redor do mundo.

Palavras-chave: Bioeconomia, Desenvolvimento Sustentável, História Econômica, Georgescu-Roegen, Políticas Públicas

ABSTRACT

This research investigates the formation of the debate on natural resources and the environment in the history of economic thought from a historiographical and conceptual perspective. In this sense, it analyzes the complex interaction between the economic system and nature, in its broadest sense, seeking to guide the emergence of the concept of bioeconomy for the contemporary debate aimed at tackling the issue of the climate emergency. In order to do so, it emphasizes the historiographical turning point, and the role played by the seminal contribution of Romanian economist Georgescu-Roegen in shaping the concept of the bioeconomy in the 1970s. It also explores how, from that point on, two distinct theoretical approaches emerged to deal with the challenges posed by the environmental issue and which analyzed the economic process in different ways: one which, adhering to the principles proposed by Georgescu-Roegen, promoted the search for a closer integration between the spheres of the economic theory of production and the emerging science of ecology; and another which, maintaining the epistemological inspiration anchored in the physics of the first half of the 19th century, sought to reincorporate the role of natural resources and “forgotten” environmental variables into contemporary economic analysis. Finally, the text highlights the theoretical and practical differences between these approaches, and how they shape the various contemporary conceptions of the bioeconomy, which today influence the formulation of public policies aimed at reconciling economic development with environmental sustainability, in a scenario of global climate change.

Keywords: Bioeconomics, Sustainable Development, Economic History, Georgescu-Roegen, Public Policies

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO.....	8
2	O PAPEL DA NATUREZA E DESENVOLVIMENTO DO PENSAMENTO ECONÔMICO: DA CENTRALIDADE NO PENSAMENTO FISIOCRATA AO SEU ESQUECIMENTO DURANTE A REVOLUÇÃO MARGINALISTA NO SÉCULO XIX	11
2.1	INTRODUÇÃO.....	11
2.2	O PAPEL DOS FISIOCRATAS E DOS ECONOMISTAS POLÍTICOS CLÁSSICOS NA CONSTRUÇÃO DA NOÇÃO DE NATUREZA ATRELADA À PERSPECTIVA MECANICISTA DO SISTEMA ECONÔMICO.....	14
2.3	A REVOLUÇÃO MARGINALISTA E O ESQUECIMENTO DO PAPEL DA NATUREZA NO SISTEMA ECONÔMICO	20
2.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	25
3	REINCORPORANDO A NATUREZA NO DEBATE ECONÔMICO: O PAPEL DO PENSAMENTO DE GEORGESCU-ROEGEN NA CONSOLIDAÇÃO DO CONCEITO DE BIOECONOMIA.....	27
3.1	INTRODUÇÃO.....	27
3.2	O RESSURGIMENTO DA NATUREZA: A RENOVAÇÃO DO PENSAMENTO ECONÔMICO NEOCLÁSSICO E A FORMAÇÃO DA DISCIPLINA ECONOMIA ECOLÓGICA	30
3.3	A EMERGÊNCIA DO DEBATE SOBRE BIOECONOMIA E A RENOVAÇÃO DA TEORIA DA PRODUÇÃO NA OBRA DE GEORGESCU-ROEGEN 38	
3.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
4	A BIOECONOMIA CONTEMPORÂNEA: O DEBATE ATUAL SOBRE ESTRATÉGIAS DE CONSTRUÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS.....	55
4.1	INTRODUÇÃO.....	55
4.2	AS ORIGENS E NOÇÕES DO TERMO BIOECONOMIA	56
4.2.1	Bioeconomia Biotecnológica.....	63

4.2.2	Bioeconomia de Biorecursos	63
4.2.3	Bioeconomia Bioecológica.....	64
4.3	A BIOECONOMIA NO DEBATE ATUAL SOBRE SUSTENTABILIDADE	65
4.4	AS ESTRATÉGIAS BIOECONÔMICAS.....	66
4.2.4	As propostas de Bioeconomia na União Europeia	68
4.2.5	As propostas de Bioeconomia nos EUA.....	71
4.2.6	As propostas de Bioeconomia no Brasil.....	72
4.5	BIOECONOMIA SUSTENTÁVEL: UMA CONTRADIÇÃO EM TERMOS?	75
4.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	77
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	77
	REFERÊNCIAS	81

1 APRESENTAÇÃO

A emergência climática global é uma realidade que se impõe de maneira inequívoca em todo o Planeta, tendo em vista os últimos relatórios do IPCC em que se destacam a necessidade de medidas imediatas com o objetivo de construção de políticas efetivas que visem a redução drástica da emissão de gases de efeito estufa. Nesse contexto, diversas iniciativas de políticas públicas têm se voltado para o debate sobre mitigação das mudanças climáticas, assim como para uma nova agenda de construção de políticas públicas ancoradas em modelos alternativos de produção e consumo, mais compatíveis com princípios de uma economia de baixo carbono.

Entre as temáticas, e modelo alternativos, que têm emergido desse debate, destaca-se o crescente interesse pela chamada “Bioeconomia”, conceito que tem seu significado original bastante atrelado ao debate dos anos de 1970 sobre a questão energética e ao tema dos limites ecológicos e/ou biofísico ao crescimento econômico. Nesse sentido, não é sem propósito que o termo bioeconomia vem alcançando bastante relevância em diversos campos de discussão atualmente, tendo em vista o fato dele se colocar como modelo alternativo ao modelo econômico baseado na utilização de energia fóssil, uma das grandes responsáveis pela emissão de gases de efeito estufa.

No entanto, algumas questões de ordem epistemológica se colocam no caminho de uma melhor compreensão desse debate e suas implicações em termos do desenho de políticas públicas com o objetivo de mitigar os impactos das mudanças climáticas vis-à-vis seus efeitos cruzados em relação as estratégias de conservação de nossos ecossistemas. Diante disso, espera-se que esta pesquisa possa contribuir com a compreensão da utilização do termo bioeconomia no contexto da evolução do pensamento econômico em seu sentido contemporâneo, como também as diferentes abordagens teóricas que têm sido caracterizadas como bioeconomia e seus limites e desafios. Assim, a pergunta geral que orienta esse trabalho é buscar compreender os motivos para que a contribuição teórica de Georgescu-Roegen não seja a que pauta o debate bioeconômico atual. Nesse sentido, o presente estudo é composto por três artigos que visam oferecer uma perspectiva possível para esclarecer as razões por trás desse fenômeno.

O primeiro artigo visa apresentar de forma sucinta a evolução e as formas diferenciadas em que a questão ambiental foi introduzida no contexto da teoria econômica entre os séculos XVIII e XIX. Para isso, reconhecendo as diversidades e extensão teórica existente entre cada uma das escolas de pensamento que estão na origem e construção do pensamento econômico,

será utilizado uma seleção de autores ¹ que consideramos terem contribuído de modo significativo para o debate que ainda hoje se mantém como dos mais relevantes para o tratamento da questão da relação entre meio ambiente e o sistema econômico. Assim sendo, é destacada de modo prioritário a contribuição de autores ligados à escola fisiocrática, da economia política clássica inglesa e a teoria neoclássica, por meio da revolução marginalista, que apresentaram visões bastante diferentes para o debate sobre a relação entre meio ambiente e sistema econômico ao longo dos séculos.

O segundo artigo busca realizar uma análise sobre o momento histórico em que se pôde visualizar a inserção disruptiva no debate ambiental por parte do matemático e economista romeno Georgescu-Roegen, quando a discussão sobre os impactos da atividade econômica atinge, nos anos de 1970, um novo patamar com a intensificação dos efeitos da poluição e degradação ambiental. Nesse contexto, duas novas escolas de pensamento econômico se consolidam e se tornam polos para o debate ambiental na teoria econômica: a economia ambiental e economia ecológica. Ademais, utilizando uma seleção de literaturas relevantes, além da própria produção teórica de Georgescu-Roegen, e expoentes de ambas as escolas para auxiliar no entendimento geral sobre estas diferentes perspectivas.

Com isso, buscaremos acessar um dos diferentes caminhos pelos quais a teoria econômica percorreu nas últimas décadas para a compreensão do papel da natureza ou do meio ambiente no debate sobre o funcionamento do sistema econômico. A mesmo tempo, ainda no artigo 2, elucidaremos os conceitos basilares da teoria de Georgescu-Roegen e seu papel na construção do conceito de bioeconomia e seu legado atual para o debate sobre a relação entre meio ambiente e sistema econômico. Para isso, será empregado o uso de trabalhos mais relevantes de alguns de seus discípulos contemporâneos, que tem procurado realizar uma síntese do pensamento bioeconômico de Georgescu-Roegen. Essa análise permitirá comparar a abordagem de Georgescu-Roegen com as diversas concepções contemporâneas de bioeconomia e compreender seu significado e implicações para o desenvolvimento da ciência econômica na atualidade.

¹ Apesar do recente ressurgimento crítico da questão ambiental na produção teórica de Karl Marx, consideramos que uma análise aprofundada desse tema extrapolaria o escopo deste trabalho, uma vez que, ao longo do século XX, o pensamento marxista apresentou um alinhamento com o de outros autores da economia política clássica no que tange à problemática ambiental, conforme apontado por Georgescu-Roegen (1986).

O terceiro artigo investigará as diferentes concepções e classificações de bioeconomia existentes na literatura contemporânea. Pretende-se realizar uma revisão de literatura dos conceitos mais relevantes e perspectivas hoje utilizadas. Somado a isso, buscará compreender os seus principais efeitos sobre a dimensão governamental, para assimilar como estas diferentes concepções de bioeconomia estão sendo implementadas como política públicas nos Estados Unidos da América e em países da União Europeia, identificando as primeiras experiências mais relevantes que se autodenominam explicitamente como bioeconômicas.

Sendo assim, este trabalho tem como objetivo geral contribuir para a compreensão do debate atual sobre a tradição do pensamento econômico e sua relação com a questão ambiental e a emergência contemporânea do termo bioeconomia; e, de modo mais específico, com o debate sobre a formulação de políticas públicas atuais neste campo. Para isso, visa destacar as contribuições de Georgescu-Roegen e as conexões entre o campo da economia ecológica e as demais tradições do pensamento econômico relacionados à busca da compreensão da relação entre economia e meio ambiente; reconhecendo a importância da diversidade de questões postas no debate contemporâneo e suas conexões de longa duração sob a influência de diversas tradições do pensamento econômico. Para isso, e de maneira especial, avança-se sobre o tema da forma como a emergência climática impôs um novo rumo para as discussões e esforços globais em busca de soluções para o problema da relação entre meio ambiente e sistema econômico em um sentido bastante próprio e orientado por duas tradições epistemológicas paradigmáticas.

2 O PAPEL DA NATUREZA E DESENVOLVIMENTO DO PENSAMENTO ECONÔMICO: DA CENTRALIDADE NO PENSAMENTO FISIOCRATA AO SEU ESQUECIMENTO DURANTE A REVOLUÇÃO MARGINALISTA NO SÉCULO XIX

2.1 INTRODUÇÃO

Nos primórdios da consolidação da economia como disciplina, no final do século XVIII, a questão ambiental era orientada pelo pensamento científico dominante, ancorado epistemologicamente na influência da física newtoniana, onde já se fazia presente seus rebatimentos nas formulações teóricas dos primeiros economistas. Inicialmente com os fisiocratas e posteriormente com os economistas clássicos ingleses, estes preceitos teóricos reconheciam de alguma forma a influência dos recursos naturais e do meio ambiente no sistema econômico, inclusive impondo-lhes limites.

Embora tendessem a compreender a interação do sistema econômico com o meio ambiente de forma a que o mesmo fosse compreendido como neutro e passivo, estes autores desenvolveram um corpo teórico em que o meio ambiente fosse entendido como tendo um papel indispensável no processo produtivo, mesmo que restrito e oriundo de uma espécie de “dádiva natural” (Perrings, 1987; Mueller, 2012).

A perspectiva da neutralidade da “natureza”, como passa a ser compreendido pelos clássicos, neste sentido, está associada à perspectiva epistemológica de viés mecanicista hegemônico que orienta a forma como o fenômeno econômico se desenha e é percebido desde o início da formação do pensamento econômico. A perspectiva mecanicista se fazia hegemônica segundo diversos historiadores, desde o final do século XVII e início do século XVIII, tendo em vista o sucesso da física newtoniana, considerada à época como exemplo de método a ser seguido por diversas outras ciências em seu processo de consolidação (Perrings, 1987; Deane, 1980).

Apesar de seguir os fisiocratas na perspectiva do meio ambiente ou da natureza como elemento neutro, no que diz respeito ao processo produtivo e seus efeitos, os economistas clássicos ingleses foram responsáveis também por acrescentar a visão de que a natureza seria um elemento também limitante para o processo de crescimento econômico. Assim, atrelando à noção de rendimento decrescentes e a ideia de estado estacionário, a natureza passou a ser compreendida ao longo do século XVIII e primeira metade do século XIX, não só como indispensável – como já era visto pelos fisiocratas – mas também como um fator limitante que, junto à crescente demanda por alimentos oriunda do crescimento populacional, levaria a

economia em algum momento a um estado estacionário de equilíbrio. O que, para alguns autores, significaria a estagnação do processo de desenvolvimento econômico.

Por natureza ou meio ambiente, no entanto, é importante ressaltar, os clássicos admitiam quase exclusivamente a influência do fator terra sobre o sistema econômico, visto que entendiam o conceito de bem econômico basicamente aqueles bens que estivessem limitados em sua exploração do ponto de vista quantitativo. O que teria dado início a noção de escassez ligado às ideias econômicas. Nesse sentido, apenas a terra, dos bens naturais, poderia ser considerada como um “bem econômico” propriamente dito. Os chamados bem livres, oriundos do processo livre de exploração da natureza, em geral, não teriam nenhum papel econômico em si, visto que eram considerados abundantes (Fuacheux; Noël, 1995).

A esse elemento estaria associada a ideia original da economia política clássica da construção de uma teoria do valor, que seria o fundamento da existência de um bem econômico. Nesse sentido, o esforço do trabalho só poderia ser considerado um elemento que gera riqueza econômica quando associado a um processo de produção de um bem escasso, para além do que a natureza entrega como dádiva natural. Ou seja, um bem final que exigiria algum sacrifício e/ou inventividade humana para ser produzido. Os recursos oriundos da natureza em seu sentido mais bruto, eram entendidos como ilimitados e disponíveis livremente; e, portanto, sem valor econômico.

Nesse período, a atenção se voltava principalmente para a relação entre a limitação de oferta de terras cultiváveis e a necessidade de ampliação da capacidade produtiva da agricultura. Segundo Mueller (2012), capital, mão de obra e recursos naturais (entendidos como terra), eram considerados os elementos essenciais nas teorias econômicas da época. Os recursos naturais e a própria teoria do valor, que fundamentava toda a discussão dos economistas políticos clássicos em torno da origem da riqueza, eram vistos através de seu papel primordial como base para o processo produtivo. A teoria da produção, neste sentido, tinha um importante papel no processo de consideração da função e papel da natureza no sistema econômico. Este sendo um elemento considerado indispensável para o processo produtivo, pensamento que se manteve hegemônico até meados do século XIX.

No entanto, essa concepção foi posteriormente transformada, ao longo da segunda metade do século XIX, com o surgimento da escola marginalista. A qual passou a ter um papel dominante em um processo que marcou o início dos estudos econômicos como campo autocontidos e isolados em relação à questão ambiental (Faucheux; Noel, 1995; Mueller, 2012).

Nesse momento, a esfera da produção começa a perder relevância para a percepção do sistema econômico como um sistema de trocas. Neste sentido, o desenvolvimento da chamada teoria neoclássica teve origem na revolução marginalista, marcando a uma nova etapa da consolidação do pensamento econômico. Será nessa etapa que emergirá uma espécie de processo de “esquecimento” do papel da natureza na teoria econômica (Faucheux; Noel, 1995).

Nesse período, a economia passou a se concentrar na compreensão dos movimentos de preços e nos processos de escolha, assim como os físicos do século XIX estudavam os movimentos dos planetas. Consolidando a influência da perspectiva epistemológica mecanicista sobre o pensamento econômico (Cechin, 2010). Dessa forma, questões como equilíbrio e alocação ótima de recursos, formação de mercados e escolha ótima dos indivíduos e empresas, quando avaliados pela ótica da substituição de fatores, tornaram-se os principais objetos de estudo da corrente que passaria a dominar o pensamento econômico de então; deixando de lado o debate original sobre os processos de produção e sua interação com os limites impostos pela natureza ao crescimento econômico.

Dessa forma, ao longo do século XIX e XX, consolidou-se gradativamente a visão da economia como um sistema isolado, como um sistema mecânico sem limites de crescimento e orientado por uma perspectiva de reversibilidade, transcendendo as concepções neoclássicas e exercendo ampla influência em diversas áreas do pensamento econômico: como nas chamadas teorias do crescimento econômico, que terão desdobramentos significativos ao longo do século XX (Mueller, 2012). Essa nova interpretação hegemônica considera a economia como um sistema autônomo e auto equilibrado, no qual os fatores produtivos são vistos como componentes substituíveis a serem avaliados apenas pela relação entre sistema de preços e produtividade marginal dos fatores; visando a eficiência, o equilíbrio e a otimização da produção ao menor custo.

Assim sendo, as mudanças teóricas e epistemológicas significativas que ocorreram durante os séculos XIX e XX, foram responsáveis por transformar de maneira definitiva os fundamentos da ciência econômica rumo a um “esquecimento” do papel do meio ambiente e dos recursos naturais. Neste contexto, o presente artigo tem como objetivo geral a busca pela reconstituição, do ponto de vista analítico, desse processo histórico; focalizando na compreensão da evolução deste processo de transformação do pensamento econômico rumo à hegemonia neoclássica. Assim, fornecendo uma perspectiva historiográfica sobre a evolução e suposto “esquecimento” do papel do meio ambiente no pensamento econômico, buscaremos

fundamentar a hipótese, já aventada por diversos autores, de que a ideia de limites impostos pela natureza ao sistema econômico, já foi um componente importante na tradição do pensamento econômico clássico, componente este, no entanto, posteriormente abandonado pelo pensamento neoclássico (Muller, 2012; Faucheux; Noel, 1995).

Partindo da premissa de que a resistência à incorporação da dimensão ambiental e seus impactos nos processos produtivos atuais é fruto de um processo epistemológico longo e complexo – que remonta ao próprio desenvolvimento teórico da economia enquanto disciplina – o presente artigo tem como objetivo específico ainda acessar, por meio do recorte de algumas escolas e tradições do pensamento econômico dos séculos XVIII e XIX, o papel da natureza no desenvolvimento da teoria econômica; e demonstrar, por meio de uma revisão de literatura, como este processo foi aos poucos sendo abandonado. Para isso, passaremos pelo pensamento fisiocrata, da economia política clássica, bem como a emergência da abordagem neoclássica, considerada como ápice no processo de consolidação do paradigma mecanicista e da noção de equilíbrio no pensamento econômico.

2.2 O PAPEL DOS FISIOCRATAS E DOS ECONOMISTAS POLÍTICOS CLÁSSICOS NA CONSTRUÇÃO DA NOÇÃO DE NATUREZA ATRELADA À PERSPECTIVA MECANICISTA DO SISTEMA ECONÔMICO

Do ponto de vista histórico e epistemológico, durante o século XVIII, o pensamento científico ocidental afirma-se de maneira cada vez mais sólida a partir da influência e sucesso da física mecanicista e do pensamento filosófico reducionista de autores como Newton e Descartes (Georgescu-Roegen, 1971; Cechin, 2010). De acordo com esse modelo de ciência, o avanço no conhecimento se daria pela estratégia voltada para a redução da complexidade dos fenômenos a serem observados de maneira isolada, de modo que se pressupõe que quanto mais simples o recorte do fenômeno, maior capacidade de compreendê-lo e estabelecer as condições de domínio de seus fundamentos.

Assim, do mais simples para o mais complexo, os fenômenos deveriam ser organizados de modo a que a ciência dominasse seus elementos mais fundamentais, e daí partisse para a agregação e observação dos fenômenos de maior complexidade. Essa é a matriz epistemológica básica do pensamento mecanicista e reducionista que irá revolucionar a física (mecânica) e a filosofia ao longo dos séculos XVI e XVII, e que transbordará para as ciências sociais a partir do século XVIII, influenciando de maneira objetiva os desdobramentos futuros da ciência econômica até os dias de hoje.

A emergência do moderno pensamento econômico, neste contexto, tem uma história relativamente recente dentro da tradição do pensamento científico ocidental. Sua origem está relacionada à formação da chamada economia política clássica inglesa e, antes dela, ao chamado pensamento fisiocrata francês de meados do século XVIII. Cabe salientar que o contexto de surgimento economia política enquanto disciplina está relacionado em termos mais amplos à construção da hegemonia do pensamento mecanicista, resultado do sucesso da física newtoniana, e sua expansão e influência na origem a formação das ciências sociais.

Seguindo de maneira mais específica a evolução e consolidação do pensamento econômico, podemos dizer que até o século XVII, o pensamento mercantilista dominava a construção dos fundamentos do que se compreendia como fenômeno econômico e suas repercussões práticas para a atuação sobre a gestão financeira das potências europeias. Este baseando-se fundamentalmente na acumulação de metais preciosos como origem e fonte de riqueza. Entretanto, no século seguinte, com o desenvolvimento do pensamento fisiocrata na França (este sendo reconhecido, mais apropriadamente, como a primeira escola de pensamento econômico), a perspectiva do que se poderia entender como fenômeno de natureza econômica passa por uma transformação significativa.

Neste sentido, os fisiocratas estabeleceram uma das bases da economia moderna, entendida enquanto o estudo da produção e geração de riqueza, contrastando com o pensamento mercantilista vigente na época. As ideias dos fisiocratas foram posteriormente incorporadas e adaptadas no desenvolvimento da economia política clássica inglesa por autores como Adam Smith, David Ricardo e Thomas Malthus, entre outros; que se preocuparam com o impacto da distribuição de renda, o crescimento econômico e o papel da terra no estabelecimento das condições de estabilidade de longo prazo do sistema econômico e do processo de interação entre produção e natureza.

O pensamento fisiocrata, por outro lado, emergiu na França do século XVIII, um período marcado por grandes transformações sociais e econômicas em toda a Europa. O termo "fisiocracia" deriva de duas palavras gregas que significam "governo da natureza". Neste contexto, a natureza é considerada fundamental para a geração de riqueza de uma nação. As contribuições dos pensadores fisiocratas, especialmente François Quesnay (1694 – 1774) e Victor Riqueti de Mirabeau (1715 – 1789), foram cruciais no estágio inicial de desenvolvimento do pensamento econômico. O pensador francês François Quesnay foi responsável pela formulação do "*Tableau Économique*" (Quadro Econômico), um modelo que representava o

fluxo de produção e distribuição de riqueza em uma economia. Além disso, Quesnay e Mirabeau desenvolveram conceitos de ordem natural e leis naturais, estas divididas em leis físicas e morais, que governam todos os aspectos da vida, incluindo a economia.

No pensamento fisiocrático, a ordem natural é um aspecto basilar e pode ser compreendida em dois aspectos: o primeiro, imaterial, responsável pela prosperidade das sociedades; e o segundo, material, que compreende a natureza e os processos de reprodução e regeneração da natureza (Vargas, 2019). Nesse contexto, conforme argumentado por Cleveland (1999), os fisiocratas também concebiam o processo econômico como sendo regido por leis objetivas e independentes da vontade humana. Além disso, são evidentes ao observar a natureza em funcionamento, muito similarmente ao que se podia observar com os fenômenos físicos, interpretados à época como fenômenos mecânicos e circulares.

Os fenômenos físicos podem ser compreendidos, neste sentido, como condicionantes ambientais e naturais que influenciam os parâmetros econômicos, como, por exemplo, a ocorrência de chuvas e a fertilidade do solo. Por outro lado, as leis morais da sociedade estariam relacionadas ao comportamento econômico considerado mais adequado para o desenvolvimento da sociedade, com o objetivo de alcançar o seu bem-estar. Nesse sentido, a ciência econômica nasce como campo ligado às ciências morais, mas condicionada à epistemologia das ciências naturais; onde o seu papel está diretamente associado à compreensão dos determinantes da natureza e suas implicações em relação à boa gestão dos fenômenos sociais. Assim, para os fisiocratas, assimilar as leis naturais e seguir a boa gestão de uma economia moral epistemologicamente orientada pelas leis naturais seria o único caminho para garantir o máximo benefício social no processo desenvolvimento econômico de uma sociedade.

Para os fisiocratas, a agricultura, neste sentido, possui um papel superior a outras atividades econômicas, pois é a única que gera excedentes econômicos diretamente observáveis à olho nu (Cleveland, 1999). A capacidade produtiva do setor agrícola se distingue de outros setores da economia porque este consegue gerar excedentes de forma associativa à natureza, onde os processos de integração com o meio ambiente aumentam o produto líquido de maneira cientificamente clara. Além disso, outro aspecto é a compreensão da atividade agrícola como uma atividade humana em associação com o divino, sendo este responsável pela criação e regeneração presentes na natureza (Vargas, 2019).

Desse modo, a natureza é vista como a única fonte de riqueza original, com a agricultura sendo considerada responsável por extrair o excedente econômico por ela provido. A visão

fisiocrática deste processo considera outros setores da atividade econômica, como o manufatureiro, como meramente transformadores de matéria-prima providas pela natureza. Assim, para os fisiocratas, apenas trabalhos intimamente ligados à natureza podem ser considerados produtivos, pois é esta que produz a fonte primário do excedente econômico.

De acordo com Dale (2021), a abordagem fisiocrata em relação à questão ambiental é compreendida de duas maneiras distintas pelos economistas contemporâneos. Por um lado, consideram o pensamento fisiocrata como uma visão holística ainda pré-científica; pois enfatizava o papel da natureza e seus processos de geração e regeneração da produção com viés ainda místico. Por meio dessa perspectiva, a natureza é percebida como uma força intrínseca e indispensável ao sistema econômico, desempenhando um papel crucial na geração de riqueza. Por outro lado, conforme defende o autor, a fisiocracia é vista como uma redução da natureza a meros processos agrícolas, sendo a principal fonte de geração de excedente econômico, atribuindo à agricultura uma posição central na geração de riqueza econômica. Nesse ponto de vista, a agricultura é considerada a base fundamental para o crescimento econômico e geração de excedente econômico, atribuindo um papel menos relevante a outros setores econômicos, como a manufatura. Tal visão estava intimamente alinhada com os interesses políticos da aristocracia francesa da época.

O pensamento fisiocrata teve um impacto duradouro no desenvolvimento da teoria econômica. A ênfase na agricultura como a principal fonte de riqueza e a ideia de que a economia deveria ser regida por leis naturais, influenciaram profundamente o pensamento econômico posterior, incluindo o desenvolvimento das teorias da produção dos economistas políticos clássicos ingleses. Embora seu período de relevância tenha sido relativamente breve, a noção de que a produção econômica está delimitada pelo meio ambiente e consciente sobre seu papel nos processos de reprodução e regeneração da natureza, foi essencial para a economia clássica inglesa no debate sobre a renda da terra, e posteriormente no resgate dessa noção pela teoria econômica contemporânea (Dale, 2021).

O desenvolvimento do pensamento econômico na Europa, juntamente com o contexto histórico marcado pelo início da supremacia econômica do Reino Unido, ocasionou o declínio acentuado da popularidade dos fisiocratas em todo o continente, especialmente a partir de 1750 (Cleveland, 1999). Esse declínio foi impulsionado pelo início da ascensão ao poder das burguesias nacionais e o antagonismo às classes aristocratas, e pelo fortalecimento do setor manufatureiro e sua capacidade de gerar excedentes econômicos. Resultando na rápida

superação da agricultura como o setor principal para a geração de riqueza. Este período de ruptura e reorganização econômica nas principais potências europeias transcorreu de maneira a fomentar o desenvolvimento de teorias econômicas mais alinhadas à ideia de apoiar as novas formas de produção e organização econômica que estavam emergindo. Nesse sentido, as divergências entre fisiocratas e economistas políticos clássicos ingleses residem na atribuição conflitante da origem dos excedentes econômicos, tido como debate central para a compreensão da fonte de riqueza gerada pelo processo de funcionamento do sistema econômico.

Enquanto os fisiocratas sustentavam a concepção de que o setor agrícola era o único capaz de gerar excedentes através da produção agrícola, os economistas clássicos reconheciam as limitações de oferta de terras produtivas como responsáveis por rendimentos decrescentes, independentemente da alocação de capital e trabalho, mas não consideravam o setor agrícola como único capaz de gerar excedente. Ademais, consideravam que o setor manufatureiro, quando beneficiado pela disponibilidade de matérias-primas e capital, geraria excedentes de maneira constante e com retornos crescentes (Christensen, 1989). Assim sendo, o protagonismo do setor manufatureiro (e nas décadas seguintes industrial), para teoria econômica, tem como base a discussão sobre a gênese do excedente, que passaria a ser vista como relacionada ao trabalho e, com isso, seria tida como em maior intensidade ali onde a produtividade pudesse alcançar os níveis mais elevados.

O filósofo e economista escocês Adam Smith (1723 – 1790) por meio a sua obra “A Riqueza das Nações” foi um dos mais influentes pensadores da economia política clássica inglesa. Em sua obra, Smith desenvolve uma teoria da produção baseada no valor trabalho e no papel da produtividade do trabalho no processo de ampliação do excedente econômico. Assim como os fisiocratas, Smith reconhecia os limites da atividade manufatureira e as capacidades únicas do trabalho agrícola; entretanto diverge dos fisiocratas ao considerar a atividade agrícola passiva de retornos decrescentes, visto o estoque limitado de terras férteis e a impossibilidade de superação dos seus limites físicos. Em Smith, a capacidade do setor manufatureiro em mobilizar matéria-prima e trabalho produtivo permite a geração de excedente econômico superior ao setor agrícola. Já a controvérsia acerca do estoque de terras férteis para atividade econômica foi centro de debates teóricos entre Robert Malthus (1766 – 1834) e David Ricardo (1772 – 1823).

O debate acerca da renda da terra entre os economistas clássicos Robert Malthus e David Ricardo, desempenhou um papel fundamental na concepção da substitutibilidade da terra e

rendimentos crescentes e decrescentes no âmago do pensamento econômico. Ambos os autores compartilhavam concordâncias quanto à teoria populacional e da renda da terra, inclusive na formação da taxa de lucro em situação de concorrência (Dorfman, 1989). No entanto, as conclusões de Ricardo divergiram drasticamente das de Malthus no que diz respeito ao papel restritivo da terra na geração de excedente e no crescimento econômico (Hubacek; Van Den Bergh, 2006).

Nesse contexto, Ricardo admitia a noção restritiva das terras férteis e das discrepâncias de fertilidade como fatores determinantes da existência de rendimentos decrescentes na agricultura. Entretanto, para ele a questão central residia na quantidade de capital e trabalho necessários para a produção agrícola e em seu impacto na taxa de lucro. Desse modo, a renda da terra era resultante das discrepâncias de fertilidade e da escassez de terras quando remediadas por capital e avanços técnicos. Por outro lado, Malthus compreendia que a terra era um fator limitante diante do crescimento populacional e do conseqüente aumento da demanda por alimentos, o que levaria à escassez de terras férteis. Dessa forma, enquanto Ricardo buscava, por meio da renda diferencial da terra, fundamentar sua teoria do valor-trabalho, Malthus compreendia os impactos práticos e imediatos da escassez de terras e do crescimento populacional para economia e a sociedade.

Em Smith, Ricardo e Malthus o horizonte de análise econômica é delimitado pelo estudo da escassez de terras e tendência à redução da taxa de lucro, o que resulta no fim do crescimento econômico em um horizonte de tempo no longo prazo. Nesse contexto, a tendência de redução de excedentes econômicos gera uma miríade de problemas econômicos e sociais que, para os autores, são inevitáveis. Smith e Ricardo concordam que a geração de excedentes econômicos de forma perpetua não é possível, levando a queda da taxa de lucro na economia, redução da produtividade e o caráter paliativo do avanço técnico para sustentá-la (Corazza, 1991). Já para Malthus os retornos decrescentes na agricultura e seus impactos macroeconômicos quando vistos como incapazes de responder ao crescimento populacional, seriam responsáveis por uma crise demográfica irremediável (Fiorito; Sgnelli, 2014). Dessa forma, independente das justificativas, o horizonte descrito por Ricardo e Malthus seria um estado estacionário de longo prazo, onde todas as possibilidades de crescimento econômico estariam exauridas, significando deterioramento generalizado da qualidade de vida.

John Stuart Mill foi um economista e parlamentar britânico que, diferentemente de seus predecessores, concebia no estado estacionário ou estado de não-crescimento uma condição

positiva para o desenvolvimento da sociedade (Corazza, 1991). Uma das contribuições de Mill para o debate econômico, é sua defesa teórica do estado estacionário, fundamentada na sua visão crítica sobre vários aspectos filosóficos e morais da economia política clássica. J.S Mill diferente de seus antecessores pois compreendia a condição de competição e busca incessante pelo lucro como algo negativo para a sociedade. Entretanto, compartilhava as noções de decrescimento da taxa de lucro e pressão populacionais como negativas para o sistema capitalista, mas distingue-se ao teorizar uma sociedade pós-capitalista num estado estacionário. Esta sociedade apoiada em valores morais e virtudes diferentes da capitalista (Fiorito; Sgnelli, 2014).

Outra importante contribuição de J.S Mill para o desenvolvimento teórico da econômica foi a utilização do conceito de utilidade. Para Mill, diferente de seus predecessores, o valor de um bem também estaria ligado à sua utilidade para quem o consome. Ademais, conforme Christensen (1989, p. 6) Mill também opera uma nova forma de compreensão dos fatores de produção, descolado das suas características científicas:

Mill (...) classifies production inputs under three headings: labor, natural agents and capital. Nature provides materials transformed by labor and the (motive) powers which cooperate with and substitute for labor. But instead of maintaining the distinction between materials and motive powers, he subsumes the latter -the coals that drive the steam engine and the food that feeds the worker-under materials in order "to avoid a multiplication of classes (of) no scientific importance".

Dessa forma, J.S Mill influência, por este caminho, direta e indiretamente o desenvolvimento posterior da teoria neoclássica. Com a aplicação da sua noção dos fatores de produção e a importância do conceito de utilidade, suas ideias críticas aos pioneiros do pensamento econômico, irão marcar profundamente o processo de evolução da teoria econômica.

2.3 A REVOLUÇÃO MARGINALISTA E O ESQUECIMENTO DO PAPEL DA NATUREZA NO SISTEMA ECONÔMICO

A partir do final do século XIX, o desenvolvimento e aplicação de novos métodos matemáticos intensifica o processo de separação entre a natureza e o sistema econômico. Esse movimento culminou no desenvolvimento e consolidação da teoria neoclássica como alicerce da teoria econômica hegemônica até os dias de hoje. Nesse contexto, o pensamento econômico anterior à dominância do pensamento neoclássico era fundamentado na investigação do processo produtivo e no foco sobre o processo de criação de riqueza. Em contraste, com a economia neoclássica o foco passa a se direcionar a conceitos abstratos ancorado sobretudo em

processos de trocas e preço, considerados como o mecanismo essencial para compreender o funcionamento do sistema econômico (Christensen, 1989).

O surgimento de dois aparatos teóricos centrais, foram cruciais para o desenvolvimento do pensamento neoclássico, ambos formulados no mesmo período histórico do fim do século XIX. Por um lado, a teoria marginal da utilidade, com expoentes iniciais como William Stanley Jevons, Arthur Cecil Pigou e Carl Menger, transformaram a análise econômica ao introduzir o conceito de análise marginal na teoria econômica. Por outro lado, a teoria do equilíbrio geral, formulada por Léon Walras e aprimorada por Vilfredo Pareto, consolidou-se como um pilar fundamental da nova perspectiva neoclássica da teoria do bem-estar social.

Em Jevons a teoria da utilidade marginal pode ser compreendida como a satisfação adicional que um consumidor obtém ao consumir uma unidade adicional de um bem (Groenewegen, 2003). Assim, Jevons teria postulado que a utilidade de um bem diminui à medida que sua quantidade consumida aumenta, levando a redução da satisfação em termos marginais. A abordagem marginalista forneceu uma base para a teoria da demanda, visto que conduziu o pensamento econômico a uma nova compreensão das motivações que levam os indivíduos a restringirem em algum nível a sua disposição de compra, buscando explicar como os consumidores tomam decisões racionais que visam maximizar sua utilidade total, dada a restrição de seu orçamento.

Por outro lado, Pigou mobiliza a análise marginal, anteriormente desenvolvidas, para analisar as mudanças na renda nacional e seus impactos no bem-estar da sociedade em termos agregados. Focando a análise de incrementos marginais na produção de diferentes indústrias e seus impactos de custos e benefícios gerados na margem do processo econômico. Ademais, Segundo Groenewegen (2003), Pigou desenvolve a sua própria noção de externalidade, com base na perspectiva teórica de Alfred Marshal, que se torna clássica no pensamento econômico. A externalidade ocorreria quando uma transação de bens ou serviços, remunerada em dinheiro, feita entre dois agentes, podem gerar serviços ou desserviços, que por questões técnicas não tornam possível a realização de pagamentos ou indenização aos agentes não envolvidos diretamente na transação (Groenewegen, 2003). Assim, Pigou compreende que a poluição gerada pelo setor industrial, por exemplo, é uma externalidade, uma falha de mercado que pode ser corrigida por meio do uso de uma política fiscal apropriada (Sandmo, 2015).

Carl Menger foi um economista austríaco, relevante no mesmo contexto pela incorporação de conceitos e ideias ligadas a noção de subjetividade na análise econômica. O

que o permitiu articular noções subjetivas de valor com os cálculos marginalistas desenvolvidos pelos economistas neoclássicos de origem inglesa e francesa. Em Menger a análise da utilidade tem seu início com a sua teoria de bens. Nela, a inovação teórica é proveniente na noção de que um bem tem seu valor a partir da sua relação com o ser humano e suas disposições subjetivas de consumo. Estes bens então, poderiam ser organizados em níveis de satisfação que causam no ser humano patamares diferentes de satisfação (Horwitz, 2003). Dessa forma, distintivamente dos marginalistas ingleses e franceses, Menger e assim como outros marginalistas austríacos de sua época, não se focam em explicar os fenômenos provenientes da utilidade marginal apenas por meio de métodos matemáticos, como os ingleses; mas sim por meio da subjetividade provida pela satisfação de um bem (Horwitz, 2003). Entretanto, é possível afirmar que ambas as noções fazem parte fundamental do arcabouço teórico da economia neoclássica que se desenvolveria a partir de então passando a dominar a trajetória de evolução do pensamento econômico.

Outro conceito basilar para o pensamento neoclássico é a teoria do equilíbrio geral. Léon Walras desenvolveu um modelo matemático que explica como diferentes mercados de bens e serviços, assim como os mercados de fatores de produção, interagem simultaneamente até alcançar um estado de equilíbrio geral. Em seu modelo, os preços se ajustam para equilibrar a oferta e a demanda em todos os mercados, resultando em uma alocação eficiente dos recursos (Walker, 2009). Dessa forma, esse modelo formaliza a ideia de que a economia pode ser analisada como um sistema interdependente, onde mudanças em um mercado afetam todos os outros mercados de maneira simultânea e orientada por uma força gravitacional que o direciona para uma situação e equilíbrio estático.

Posteriormente, já no século XX, Vilfredo Pareto expandiu essa análise ao refinar a teoria de Walras e desenvolver suas próprias contribuições teóricas focadas na estabilidade da noção de equilíbrio. Pareto complementou a noções de Walras ao fornecer novos aparatos matemáticos e utilizar as premissas de Walras em sua teoria da demanda do consumidor. Ademais, a maior contribuição do economista italiano foi em sua obra “*Manuel d’économie politique*” de 1909, ao evidenciar a condição ótima para a alocação de recursos por meio das equações de equilíbrio competitivo na ausência de externalidades (Sandmo, 2015). Além disso, também advogou pela abstração teórica e primazia do uso de métodos que passariam a caracterizar uma das principais vertentes da economia neoclássica: a economia do bem-estar social.

Dessa forma, a teoria marginalista que foi sendo aprimorada ao longo do século XIX, alcança a virada do século XX, integrando um amplo aparato teórico e ideológico em que a noção de equilíbrio passa a ter um sentido bastante peculiar. De acordo com esse aparato, a economia, como sistema passa a ser compreendida como um amplo sistema micro fundamentado, em que as forças “naturais” dos estímulos econômicos individuais levariam o sistema a uma situação de equilíbrio estável de longo prazo. Um equilíbrio considerado bastante resiliente, tendo em vista a sua capacidade de retorno ao ponto de estabilidade após sofrer perturbações externas. A esse aparato, deu-se o nome de modelo de equilíbrio geral, onde preços de bens e serviços, bem como dos fatores de produção, seriam determinados pela interação entre oferta e demanda, oferecendo uma visão matematicamente rigorosa das condições de equilíbrio do processo econômico.

Nesse contexto, uma das contribuições teóricas mais significativas de von Neumann para o pensamento econômico é o desenvolvimento de seu modelo de crescimento equilibrado. Neste modelo, von Neumann integra variáveis anteriormente tratadas de forma independente, simplificando-as para acomodar formalismos matemáticos rigorosos na análise econômica (Teixeira, 2000). O objetivo central do modelo é demonstrar como uma economia, em estado de equilíbrio, poderia sustentar uma expansão contínua e indefinida da produção, desde que sejam preservadas as condições iniciais e as proporções estruturais entre os diferentes setores produtivos. A produção teórica de von Neumann influenciou profundamente economistas matemáticos nas décadas seguintes, consolidando a aplicação de métodos matemáticos e a modelagem econômica como pilares fundamentais na disciplina econômica.

Como pano de fundo, um profundo e longo processo de esquecimento dos fundamentos produtivos do sistema econômico, que tinham a teoria do valor trabalho e o papel da natureza como componentes indispensável para o processo de funcionamento do sistema econômico, foram aos poucos sendo direcionados para uma leitura mais abstrata e completamente auto-organizada e circular da forma como se passou a compreender o funcionamento do sistema econômico. Um sistema essencialmente mecânico, reversível e orientado para uma lógica de autossuficiência em relação aos seus fundamentos materiais, como o uso dos fatores capital, trabalho e natureza. Nesse sentido, ao longo do século XX, os modelos econômicos passam a negligenciar de maneira completa o papel da natureza, ficando em geral restritos a avaliação do impacto dos fatores capital e trabalho.

Os chamados modelos de crescimento que tomam corpo ao longo do século XX com a consolidação das análises macroeconômicas de longo prazo, representam um dos caminhos que levam ao domínio da epistemologia mecanicista rumo à hegemonia em diversas frentes de atuação e desenvolvimento do pensamento econômico. Ou seja, mesmo no campo de influência da chamada revolução macroeconômica keynesiana, o domínio da epistemologia neoclássica no que diz respeito ao tratamento da natureza como uma variável passiva e, no limite, dispensável para o funcionamento do sistema econômico, também contaminam de maneira avassaladora o campo de formação da macroeconomia keynesiana.

Logo, os axiomas dos marginalistas, que constituem um dos fundamentos do pensamento neoclássico, são um dos fatores que levaram ao descolamento da teoria econômica em geral, em relação à realidade de funcionamento substantivo do processo produtivo. Assim, devido à hegemonia alcançada pela teoria neoclássica, esse pensamento tornou-se um dogma inquestionável na academia, pelo seu rigor analítico. Consequentemente, o pensamento econômico contemporâneo é moldado para acomodar os formalismos que deram origem à teoria neoclássica e desconsiderar o papel da produção e sua relação bastante incerta e imprecisa em relação às suas condições analíticas de garantia o controle sobre os fluxos estáveis de produção de bens e serviços no longo prazo (Nadeau, 2015).

Nesse contexto, embora tenha havido tentativas recentes de incorporar o papel da natureza e seus impactos na economia, a disciplina econômica em sua vertente neoclássica ainda, essencialmente, considera o processo produtivo como uma simples relação entre capital e trabalho, expressa pela função $Y = f(K, L)$, conforme explicitado pelos manuais econômicos que orientam a formação dominante dos economistas (Czech, 2009). A teoria do equilíbrio geral e a teoria marginal da utilidade, por outro lado, ao enfatizarem a matemática e a abstração micro fundamentada da teoria, contribuíram ainda mais para o aprofundamento de uma visão simplificada e descontextualizada do processo econômico, negligenciando aspectos críticos como a sustentabilidade ambiental.

As tentativas mais relevantes recentemente de tentar conciliar o dogma do funcionamento eficiente dos mercados com o início da crise ambiental, que passaram a se apresentar a partir da segunda metade do século XX, se deram por meio de uma orientação teórica e epistemológica que, não por um acaso, mantiveram os dogmas mecanicistas e reducionistas que estão na base da formação epistemológica da economia neoclássica.

2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Historicamente o pensamento econômico tem evoluído de forma a marginalizar a questão ambiental. Entretanto, este foi um processo gradual que ocorreu ao longo do desenvolvimento teórico da economia, a função da natureza na análise econômica foi sendo transformada de forma radical ao longo dos avanços teóricos. Conforme explicitado ao longo do artigo, primeiro os fisiocratas, que viam a agricultura como a única fonte de riqueza real, passando pelos economistas clássicos, que começaram a reconhecer os limites impostos pela disponibilidade de terras férteis até os marginalistas que buscaram construir um arcabouço epistemológico capaz de substituir o papel da natureza. Este desenvolvimento culminou na economia neoclássica, que tratou os recursos naturais como fatores substituíveis e externos ao sistema econômico, reforçando uma visão reducionista e isolada da economia.

A análise do pensamento fisiocrata, clássico e neoclássico mostra como as ideias sobre a relação entre economia e meio ambiente foram sendo gradualmente descontextualizadas. Os fisiocratas, com sua visão de uma ordem natural governando a economia, destacavam a importância da agricultura e da interação com a natureza. Já os economistas clássicos, ao introduzirem conceitos como rendimentos decrescentes e estado estacionário, começaram a ver a natureza como um fator limitante, mas ainda essencial, para a análise econômica. Por fim, essa visão evoluiu para a abordagem neoclássica, que com sua ênfase na eficiência, alocação ótima de recursos e preços frequentemente negligenciou os impactos ambientais de longo prazo.

Através da incorporação e análise de alguns conceitos-chaves provenientes da escola dos fisiocratas, perpassando os autores clássicos e neoclássicos, torna-se evidente seu impacto na formação do pensamento econômico hegemônico contemporâneo, possibilitando a compreensão de como essas ideias foram integradas e ainda exercem influência. Ademais, buscou-se compreender como o embate entre os principais representantes da economia política clássica, Thomas Malthus e David Ricardo, impactou as discussões sobre a questão ambiental, e como a vertente que se saíria mais influente moldou o pensamento econômico a abordar a natureza de maneira descontextualizada, negligenciando as suas interações com o funcionamento do sistema econômico com a natureza em sua plenitude.

Através da revisão dessas escolas de pensamento, este artigo busca auxiliar numa compreensão mais ampla das raízes históricas e epistemológicas da relação entre economia e meio ambiente. A resistência à incorporação plena da dimensão ambiental nos modelos econômicos não é um fenômeno recente, mas sim o resultado de um processo longo e complexo

que remonta ao desenvolvimento teórico da economia como disciplina. Isso culmina atualmente em duas correntes antagônicas de pensamento: a economia ambiental e a economia ecológica, que emergiram da necessidade que foi imposta a teoria econômica de responder os impactos negativos gerados pela atividade econômica no planeta.

3 REINCORPORANDO A NATUREZA NO DEBATE ECONÔMICO: O PAPEL DO PENSAMENTO DE GEORGESCU-ROEGEN NA CONSOLIDAÇÃO DO CONCEITO DE BIOECONOMIA

3.1 INTRODUÇÃO

A questão ambiental e os princípios físicos da termodinâmica² foram largamente negligenciadas pelo pensamento dominante da economia que emerge no final do século XIX e se desenvolve até a segunda metade do século XX. Ao longo desse período vários autores se debruçaram sobre os aspectos da relação entre o sistema econômico e os fluxos geobiofísicos do planeta, o que poderiam colocar em xeque os princípios fundamentais de ciência econômica ainda em seu estágio de consolidação. A partir do final do século XX, no entanto, esse quadro parecia se modificar, com o aparecimento do debate sobre os limites do crescimento, ecodesenvolvimento e depois o conceito de desenvolvimento sustentável.

Contudo, a abordagem proposta pelos economistas ortodoxos para lidar com esses desafios, mostra-se ainda hoje, bastante limitada, já que, apesar dos avanços, mantém-se capturada aos dogmas da economia tradicional e, em muitos casos, subestima a gravidade da crise ambiental que atinge a sociedade contemporânea. Neste sentido, as tentativas de se recuperar a relevância do tema ambiental nas discussões econômicas, em um contexto de crise global, são muitas vezes obstruídas pela crença na racionalidade do mercado e uma suposta autonomia do sistema econômico que, na prática, não se alinham com as necessidades e a compreensão da dimensão da crise que se aproxima (Daly, 1991).

Mueller (2012) destaca três pontos fundamentais que marcaram o início da mudança de percepção do meio ambiente tanto da economia dominante quanto da opinião pública. Sendo estes: intensificação da poluição no primeiro mundo, a crise do petróleo da década de 1970 e o relatório do clube de Roma. A poluição nos grandes polos industriais europeus e estadunidenses não eram fenômenos inéditos para as populações destes países. Dessa forma, com o fim da segunda guerra mundial, aumento dos fluxos energéticos e materiais necessários para reconstrução dos países afetados impactaram de maneira significativa o meio ambiente e sua capacidade de absolvição dos danos antrópicos, expondo a limitação de recuperação do meio

² O estudo das leis que regem a conversão de energia de uma forma para outra, a direção na qual o calor fluirá e a disponibilidade de energia para realizar trabalho. (Law; Rennie, 2015, p. 885, tradução própria)

ambiente. Nesse contexto, especialmente na década de 1960 os primeiros indícios da seriedade da degradação ambiental e suas consequências globais deixaram claro a limitação do pensamento econômico vigente e que algo deveria ser feito.

Somado a isso, conforme pontua Mueller (2012) a crise do petróleo da década 1970 causou um grande impacto na opinião pública, gerando grandes dúvidas sobre a viabilidade do padrão de produção da época, extremamente dependente do petróleo, e da finitude dos estoques. Nesse contexto, a percepção do esgotamento do petróleo marcou o início da preocupação com as formas de uso das fontes energéticas e dos recursos naturais. Apesar de que o fator determinante para esta e as outras subsequentes crises tenham sido de caráter geopolítico e não de escassez, o impacto sobre os riscos de desabastecimento na opinião pública permaneceu.

Por fim, o estabelecimento do Clube de Roma por diversos cientistas e a divulgação do relatório “limites para o crescimento” na década de 1970 que expôs a necessidade de mudanças drásticas e rápidas para assegurar o futuro da humanidade (Mueller, 2012). O relatório era composto por modelos computacionais baseado em sistemas dinâmicos com o intuito de simular o futuro da economia mundial, os autores destacaram a incompatibilidade do padrão vigente em 1970 com a capacidade de absolvição e regeneração do meio ambiente. Dessa forma, o relatório previa intensos períodos de desorganização economia e social, aumento do desemprego e declínio da produção de alimentos, paralelamente níveis insuportáveis de degradação ambiental.

Nesse contexto, tornou-se evidente a necessidade que a disciplina econômica compreendesse e incorporasse de forma coerente os fenômenos ambientais. Por outro prisma, as cicatrizes da crise ambiental deixaram marcas que vão muito além do que perspectiva neoclássica conseguiria responder. Assim, inicia-se um processo de incorporação de novas abordagens na ciência econômica, rumo a incorporação dos limites ecológicos e da leitura da interação entre sistema econômico e o meio ambiente de variadas formas. Por um lado, parte do pensamento clássico é recuperado e incorporado de modo a superar suas amarras mecanicistas, trazendo à tona princípios físicos que estão para além da mecânica. Ou seja, propõem a incorporação definitiva da lei da entropia³, na leitura do processo de produção e

³ Em um sentido mais amplo, a entropia pode ser interpretada como uma medida de desordem; quanto maior a entropia, maior a desordem. Como qualquer mudança real em um sistema fechado tende a aumentar a entropia e, portanto, a desordem, entende-se que a entropia do universo está aumentando e sua energia disponível está diminuindo (Law; Rennie, 2015, p. 459, tradução própria)

funcionamento do sistema econômico. Por outro lado, verifica-se um aprofundamento e adaptação dos dogmas da economia ortodoxa na tentativa de lidar com as questões ambientais, partindo do princípio de que esses problemas surgem devido à sua incorporação inadequada na análise econômica convencional.

Dessa forma, podemos dizer que ao longo das décadas de 1960 e 1970 surgem duas correntes de pensamento econômico que irão procurar reinserir o meio ambiente e sua relação com sistema econômico: a economia ambiental e a economia ecológica. A escola da economia ambiental busca analisar e solucionar as questões ambientais emergentes por meio da aplicação de conceitos e ferramentas econômicas tradicionais neoclássicas (como incentivos econômicos e instrumentos de mercado), a fim de promover a eficiência ambiental dentro do sistema econômico. Por outro lado, a economia ecológica, adota uma abordagem abrangente, incorporando conceitos das ciências naturais e sociais, e reconhecendo a interdependência entre o sistema econômico e o ecossistema em que está inserido. Nesse sentido, a economia ecológica busca compreender e abordar os aspectos biogeofísicos, sociais e econômicos da sustentabilidade ambiental, reconhecendo as limitações ecológicas e os limites do crescimento econômico.

No entanto, é fundamental destacar que a abordagem da economia ambiental, devido à sua essência neoclássica e maior alinhamento com o dogma da economia dominante, exerce uma influência significativa nas formulações de políticas públicas e nas tomadas de decisão dos agentes relevantes. Em contraste, a economia ecológica se destaca por sua natureza interdisciplinar e por sua ruptura com os dogmas da economia convencional, aproximando-se de maneira mais coerente com a realidade material e dos efeitos sistêmicos da produção capitalista sobre o meio ambiente. Essa abordagem desafia a hegemonia da lógica econômica dominante e busca uma compreensão abrangente dos impactos ambientais da atividade econômica, levando em consideração não apenas as dimensões econômicas, mas também as sociais e ecológicas. Ao considerar a complexidade dos sistemas socioecológicos, a economia ecológica procura desenvolver modelos e teorias que abordem as interações entre os sistemas econômicos e os sistemas naturais, reconhecendo as limitações do crescimento econômico ilimitado e buscando soluções sustentáveis para os desafios ambientais contemporâneos.

Para entender, do ponto de vista epistemológico e da evolução do pensamento econômico, o processo de ruptura e continuidade que representam estas duas perspectivas, temos como objetivo geral neste artigo explorar os aspectos basilares de ambas, economia

ambiental e economia ecológica, no papel da natureza no pensamento econômico. Além disso, o papel central que a obra de Georgescu-Roegen teve tanto como fonte teórica e epistemológica inspiradora da nova economia ecológica; assim como seu papel de referência para a compreensão crítica dos fundamentos teóricos mecanicistas que ainda sustentam o pensamento neoclássico em seu processo de recuperação do papel da natureza no sistema econômico.

Dessa forma, o presente artigo tem como objetivo específico acessar a literatura sobre economia ambiental e ecológica, destacando suas particularidades e abordagens no enfrentamento das questões ambientais. Além disso, busca-se explorar e resgatar o pensamento bioeconômico de Georgescu-Roegen, por meio da análise de textos fundamentais do autor e da revisão de artigos relevantes que tratem do tema, com ênfase em sua visão crítica do paradigma predominante na economia tradicional e sua influência no desenvolvimento da economia ecológica.

Acreditamos que o realizar este recorte teórico e historiográfico, torna-se possível compreender como tais ideias desempenham um papel significativo no desenvolvimento dos dois principais enfoques dentro das ciências econômicas voltados para a questão do debate contemporâneo relacionado ao conceito de Bioeconomia. Somado a isso, recuperar o conceito de bioeconomia desenvolvido por Georgescu-Roegen, que foi desenvolvimento concomitantemente com o surgimento da economia ecológica, e como este se relaciona com o debate atual sobre bioeconomia, conforme será exposto no próximo artigo.

Dessa forma, busca-se compreender uma das possíveis trajetórias na evolução do debate sobre a atividade econômica de forma ambientalmente sustentável e identificar as perspectivas adotadas por cada escola de pensamento em seu contexto específico. Por meio dessa análise, pretende-se contribuir para uma compreensão mais ampla e crítica da interação entre economia e meio ambiente, tal como se apresenta no debate contemporâneo ligado a emergência do termo bioeconomia.

3.2 O RESSURGIMENTO DA NATUREZA: A RENOVAÇÃO DO PENSAMENTO ECONÔMICO NEOCLÁSSICO E A FORMAÇÃO DA DISCIPLINA ECONOMIA ECOLÓGICA

A economia ambiental surge como uma resposta à necessidade da economia tradicional de lidar com os problemas decorrentes da produção e seus impactos sobre o bem-estar dos indivíduos. Algo que passa a ser considerado impossível de se contornar politicamente com a emergência dos impactos causados pela degradação ambiental nos países centrais a partir do

final da década de 1960. Conforme apontado por Cechin (2010), as abordagens na economia ambiental foram desenvolvidas nesse período em duas vertentes principais: a economia da poluição e a economia dos recursos naturais. A economia da poluição busca compreender os efeitos negativos da poluição e desenvolver mecanismos para sua redução ou eliminação, considerando aspectos econômicos e o papel autorregulatórios do mercado. Por sua vez, a economia dos recursos naturais concentra-se na gestão e no uso sustentável dos recursos naturais, analisando questões como escassez, esgotamento e desenvolvimento de políticas para a conservação desses recursos. Estes dois elementos, no entanto, vistos como apartados entre si.

Um dos conceitos fundamentais nas análises da economia ambiental que emerge nesse período é o das externalidades geradas pela produção, influenciado principalmente pela escola da economia da poluição. As externalidades negativas referem-se a impactos não internalizados pelo sistema de preços e que resultam em prejuízos para os indivíduos e estendido para a sociedade como um todo. Por exemplo, a poluição gera custos sociais que não são incorporados nos custos privados da produção. Assim, o objetivo primordial é corrigir essas distorções decorrentes da assimetria na incorporação desses custos. Nesse sentido, uma das formas propostas para corrigir essas externalidades é através da taxação dos agentes poluidores, como um mecanismo de internalização desses custos.

Outro conceito fundamental na economia ambiental é a gestão de recursos naturais, cujos estudos pioneiros de Harold Hotelling na década de 1930 desempenham um papel fundamental para o surgimento da economia dos recursos naturais na década de 1970 (Sandmo, 2015). A questão central está relacionada à alocação intertemporal dos recursos naturais, ou seja, a escolha entre a extração do recurso no presente ou no futuro. O princípio teórico subjacente é buscar uma extração ótima que maximize os benefícios no presente, considerando a importância de garantir a sustentabilidade dos recursos para as gerações futuras (Cechin, 2010). A gestão adequada dos recursos naturais envolveria a análise de diversos fatores, como taxas de extração, tecnologias utilizadas, limites de sustentabilidade e políticas de conservação.

Esses conceitos são os pilares fundamentais da economia ambiental, contribuindo para a compreensão dos desafios relacionados às externalidades da produção e à gestão sustentável dos recursos naturais. Ao considerar esses aspectos em análises e políticas econômicas, busca-se promover a internalização dos custos sociais e ambientais, bem como o uso responsável e equitativo dos recursos, visando à sustentabilidade socioambiental (Cechin, 2010).

Entretanto, dada a natureza incerta que é presente nos ecossistemas, as tentativas de fundamentar a sustentabilidade ambiental por critérios de otimização resultaram em novas categorias conceituais de sustentabilidade de pouca correspondência com a realidade, mas obedecendo a lógica economia neoclássica. Dessa forma, as ideias de sustentabilidade foram divididas em duas categorias: fraca e forte. Ambas compartilham as noções de divisão do capital em: manufaturado, humano e natural. Para além disso, ainda exercem grande influência na tomada de decisões dos agentes e formulações de políticas públicas ao redor do mundo.

O conceito de sustentabilidade fraca é respaldado pela contribuição de Robert Solow para economia ambiental (Cechin, 2010). O ponto de partida para Solow é o bem-estar do indivíduo, que para ele é medido pelo consumo per capita, sendo este o fator primordial. Deste modo, chega-se na conclusão de que as três formas de capital: manufaturada, humano e natural são intercambiáveis na lógica de produção e, conseqüentemente, no consumo per capita. Logo, o que deve ser mantido como objetivo máximo é manutenção do consumo per capita — o bem-estar da sociedade entre gerações (Cechin, 2010). A consequência do estabelecimento do consumo per capita como basilar para o bem-estar da sociedade nega os serviços insubstituíveis providos pela natureza e na crença que o bem-estar por ela gerado pode ser substituído no por uma ótima combinação de capitais manufaturados.

Por outro lado, o conceito de sustentabilidade forte foi influenciado pelos estudos de David. W. Pearce e Kerry Turner que compreendem a necessidade de manter o capital total constate como inadequada, dando enfoque na problemática do estoque dos recursos naturais (Cechin, 2010). Somado a isso, a questão da substituição entre categorias de capital é limitada nessa visão, que considera inviável a plena permuta entre capital natural e as outras categorias de capital (Mueller, 2012). Logo, para os autores o critério de sustentabilidade é uma questão de gestão dos estoques de recursos naturais, aqui compreendido como capital natural, que deve ser mantido constante para as gerações futuras (Veiga, 2010).

As relações entre meio ambiente e atividade econômica não são novas dentro da economia. Entretanto, a partir da década de 1960, a consolidação da noção da relação entre nível de produto e degradação ambiental foram se tornando definitivas para os fazedores de políticas públicas (Mueller, 2012). Nesse contexto, o entendimento do meio ambiente como mero fornecedor de recursos naturais a serem utilizados no processo produtivo permite compreender que os níveis de degradação ambiental são relacionados diretamente com os níveis de produção, dada a necessidade de exploração do meio ambiente pela atividade econômica.

Porém, segundo Mueller (2012) o relatório do Banco Mundial de 1992 sobre desenvolvimento econômico e degradação ambiental expôs novas noções de entendimento entre meio ambiente e a atividade econômica, principalmente pela hipótese do U invertido que relaciona a renda per capita e degradação ambiental.

Esta hipótese ganhou ainda mais relevância com as curvas de Kuznets ambiental, que fazem uma relação entre PIB e deterioração ambiental (Cechin, 2010). Dessa forma, o estudo empírico de Gene M. Grossman e Alan B. Krueger fundamentaram a hipótese que o crescimento econômico seria benéfico para o meio ambiente a partir de um nível de renda per capita com base em diferentes indicadores de deterioração ambiental (Cechin, 2010). Em última instância, esse modelo fundamentou o ideário que o crescimento econômico não é o problema para deterioração ambiental, mas sim a sua solução.

A economia ecológica, por outro lado, é um campo de estudo transdisciplinar que abarca diversos conceitos, sendo os mais marcantes a incorporação das noções termodinâmicas e sistema de fluxos para a análise econômica. Dessa forma, compreendendo o sistema econômico como um subsistema de um ecossistema global maior e finito (Martinez-Alier; Muradian, 2015). A consolidação da economia ecológica como um campo definido só ocorre em meados do século XX. Entretanto, as tentativas de compreender o processo econômico, fora da lógica tradicional que domina o pensamento econômico começa bem anteriormente, no início do mesmo século (Cechin, 2010).

A abordagem da economia ecológica se baseia na premissa de que o processo econômico está intrinsecamente ligado, de maneira irreversível, às dimensões ambientais e sociais. Nesse sentido, ela rejeita categoricamente os dogmas da economia tradicional, que dá primazia à esfera econômica sobre outras esferas, especialmente a ambiental. Martinez-Alier e Muradian (2015) afirmam que a economia dominante se concentra exclusivamente no estudo dos mercados, negligenciando as influências da ecologia e instituições tratando-as como meras externalidades. Ao longo das décadas, o desenvolvimento da economia ecológica tem sido caracterizado por esforços para estabelecer alternativas às concepções de uma economia isolada e autossuficiente, buscando estabelecer uma abordagem crítica e integrada ao meio ambiente e à sociedade. Este processo frequentemente se desenrola de maneira heterogênea e conflituosa; no entanto, compartilha alguns preceitos básicos que permitem sua categorização dentro do âmbito da economia ecológica.

Os estudos de Sergei Podolinsky e Frederick Soddy foram pioneiros em aplicar princípios da termodinâmica no contexto econômico, ainda no século XIX e início do século XX. O primeiro com base na teoria do valor de Karl Marx (Cechin, 2010) e o segundo propondo o descolamento do pensamento econômico das suas raízes da mecânica clássica e a incorporação das leis da termodinâmica, propondo uma visão biofísica da economia (Martinez-Alier, 2015). Entretanto, ambas as contribuições foram marginalizadas pelo pensamento dominante da época, sendo resgatadas somente décadas depois em virtude do início da percepção da necessidade de incorporar os aspectos ambientais a análise econômica (Mueller, 2012).

Dessa forma, os autores Georgescu-Roegen, Kenneth E. Boulding e Howard T. Odum emergiram como pioneiros da economia ecológica na década de 1970 ao proporem a inclusão de novos aspectos e dimensões que devem ser considerados na análise do processo produtivo dentro do âmbito econômico. Eles sendo reconhecidos como alguns dos fundadores da economia ecológica, e suas contribuições continuam a servir de referência para o desenvolvimento teórico nesse campo. A introdução dos conceitos de entropia, estado estacionário e balanço energético representou marcos teóricos fundamentais para o debate na economia ecológica

Entre as diversas contribuições de Georgescu-Roegen para economia ecológica, incorporação da lei da entropia nas análises econômicas e suas consequências para o padrão de produção econômico é uma das mais relevantes (Cechin, 2010). Assim, Georgescu-Roegen compreende que a sociedade humana sempre buscou por fontes energéticas de baixa entropia que possibilitaram a evolução humana e viabilizaram a produção econômica de grande escala. Consequentemente, os resíduos dessas produções sempre serão de alta entropia, que não são considerados pelo pensamento econômico dominante (Cechin; Veiga, 2010a). O ponto de vista de Georgescu-Roegen que é baseado em outros autores como Schrödinger, compreende que a evolução da complexidade das espécies é obtida pela captura e dissipação de energia e matéria, paralelo que pode ser aplicado para sociedade (Martinez-Alier, 2015). Dessa forma, a transição das economias pré-industriais para industriais, acarretaram consequências entrópicas para a sociedade em forma de dissipação energética e de resíduos que resultaram em sequelas para a sociedade e, especialmente, para o meio ambiente.

Outros conceitos relevantes para o debate da economia ecológica são os de economia estacionária ou condição estacionária e de decrescimento. Para Kenneth E. Boulding, a questão

central não deve ser os incrementos de produção ou consumo, mas como os avanços tecnológicos impactam na manutenção do estoque de capital com o menor efeito negativo no estoque de recursos naturais (Cechin; Veiga, 2010b). Nesse contexto, o artigo “*The Economics of the Coming spaceship Earth*”, de Boulding foi extremamente relevante ao utilizar a metáfora de uma nave espacial com a capacidade de reciclar o máximo de matéria, num sistema circular e auto renovável de matéria, propondo isto para os modelos econômicos (Martinez-Alier, 2015). Boulding destacou-se pelo pioneirismo ao promover o papel da reciclagem e pelo uso racional dos recursos naturais, considerando a perspectiva finita desses recursos. Ele via o processo de reciclagem como uma solução para a inevitável geração de resíduos e degradação ambiental pelo processo econômico.

Entretanto, o processo de crescimento econômico ainda é basilar no pensamento econômico. Nesse sentido, Herman E. Daly compreende que o paradigma econômico é dominado por uma mania de crescimento – “*growthmania*” do inglês, que preconiza que os problemas de desemprego, poluição e escassez de recursos seriam resolvidos pelo crescimento econômico (Cechin, 2010). Dessa forma, o autor defende uma condição estacionária em que as quantidades de recursos utilizados são apenas suficientes para a manutenção de capital e população de forma constante (Cechin, 2010).

Segundo Cechin (2010) a melhor forma de descrever o estado estacionário é a analogia de uma biblioteca lotada, para a entrada de um livro novo deve haver o descarte de um livro de qualidade inferior. Ou seja, apenas mudanças qualitativas são aceitas, no contexto econômico isto seria manter a escala atual ao mesmo tempo que ocorre mudanças positivas para qualidade de vida da população. Entretanto, é necessário destacar que a condição estacionária não significa na estagnação da melhoria humana, mas sim maior capacidade de melhoraria qualitativas, fora do paradigma do crescimento irrestrito.

Entretanto, Georgescu-Roegen foi crítico das ideias de Daly e Boulding sobre a sustentabilidade da condição estacionária (Martinez-Alier, 2015). Para ele mesmo uma economia rica que não esteja em crescimento ainda não é sustentável pela inevitabilidade da lei da entropia (Martinez-Alier, 2015). Nesse sentido, foi Robert U. Ayres quem buscou compatibilizar as críticas de Georgescu-Roegen com os modelos da condição estacionária. Segundo Ayres, processos de reciclagem ainda geram resíduos, logo é necessário levar em consideração a natureza qualitativa destes e seus impactos no meio ambiente. Assim, seria imperativo a criação de “lixeiros” para o armazenamento e tratamento dos resíduos, somada a

consolidação da energia solar, que permitiria que o tratamento dos resíduos não se tornasse grandes empecilhos (Cechin; Veiga, 2010b).

Em suma, conforme Martinez-Alier (1996) afirma é possível encontrar similaridade entre a condição estacionária e o decrescimento, visto que ambas possuem o influxo de energia solar como fator determinante. Dessa forma, Daly compreende que a condição estacionaria é uma estratégia para prolongar a sobrevivência da sociedade no planeta, assim como a noção de decrescimento para Georgescu-Roegen.

A institucionalização da economia ecológica ocorre na década de 1980, com a fundação da Sociedade Internacional de Economia Ecológica (*International Society for Ecological Economics* - ISEE) fundada por Robert Costanza e Herman Daly (Martinez-Alier, 2015). Desde então, as publicações da ISEE são marcadas pela pluralidade, possuindo como noção básica permeadora a ideia de que a economia humana está intrinsecamente ligada com os processos de transformação biológica, química e física (Cechin, 2010). Nesse contexto, a economia ecológica foi definida como a “ciência e a gestão da sustentabilidade” (Martinez-Alier, 2015).

A categorização de autores e suas ideias dentro dos dois campos mais expressivos do debate ambiental nos estudos econômicos, a economia ecológica e a economia ambiental, representa um esforço necessário para compreender os pontos de convergência e divergência. Ambos os campos são extremamente heterogêneos, apresentando propostas e conceitos que, por vezes, podem parecer antagônicos entre si, mas tendem a possuir escopos comuns, embora com noções singulares. O quadro abaixo tem como objetivo fornecer uma síntese comparativa entre as duas escolas segundo os alguns dos seus princípios mais destacáveis na literatura.

Quadro 1 – Comparação entre Economia Ecológica X Economia Ambiental

Princípios	Economia Ecológica	Economia Ambiental
Visão Sistêmica X Externalidades	Visão sistêmica: A economia como um subsistema de um sistema maior. Foco nas interações e os fluxos de energia, materiais e recursos entre o sistema econômico e o ecossistema e os impactos ecológicos das atividades humanas.	Internalização de externalidades: consideração dos impactos ambientais como parte dos custos e benefícios das atividades econômicas. Busca por mecanismos para incluir os custos sociais e ambientais não internalizados nos preços de mercado.
Serviços ecossistêmicos X Custo-	Valorização dos serviços ecossistêmicos: Os serviços ecossistêmicos são vistos como fundamentais para o bem-estar	Análise de custo-benefício ambiental: compara os custos econômicos das ações ambientais com os benefícios resultantes,

benefício Ambiental	humano e para a sustentabilidade socioambiental. Por exemplo: regulação do clima, a purificação da água, a polinização, entre outros.	permitindo a tomada de decisões informadas com base na eficiência econômica e ambiental.
Limites Ecológicos X Gestão dos Recursos Naturais	Limites ecológicos e sustentabilidade: busca identificar os pontos de ruptura ecológica, além de estabelecer metas de sustentabilidade para garantir que o uso dos recursos naturais e os impactos ambientais estejam dentro dos limites suportáveis pelo ecossistema.	Gestão de recursos naturais: A analisa a escassez, o esgotamento e a exploração dos recursos, somado ao desenvolvimento de políticas e estratégias para a conservação desses recursos.
Equidade geracional X Instrumentos de Mercado	Equidade intergeracional e intrageracional: busca garantir que os benefícios e os ônus das decisões econômicas sejam distribuídos de forma justa e equitativa, levando em conta as necessidades das gerações futuras e a equidade social.	Incentivos econômicos e instrumentos de mercado: utiliza incentivos econômicos e instrumentos de mercado para promover a eficiência ambiental. Inclui a criação de sistemas de comércio de créditos de carbono ou a implementação de incentivos fiscais ou subsídios para atividades ambientalmente amigáveis.
Avaliação Transdisciplinar X Avaliação Econômica	Avaliação transdisciplinar: promove o diálogo entre economistas, cientistas naturais, especialistas em políticas públicas e comunidades locais, reconhecendo que os desafios socioambientais exigem uma abordagem transdisciplinar.	Avaliação econômica de recursos naturais e serviços ecossistêmicos: busca avaliar economicamente os recursos naturais e os serviços ecossistêmicos. Atribuindo um valor monetário a esses recursos e serviços.
Mensuração Ampla X Mensuração Econômico	Mensuração ampla do progresso: questiona a ênfase exclusiva no Produto Interno Bruto (PIB) como medida de progresso econômico. Propõe a utilização de indicadores que considerem não apenas o crescimento econômico, mas também a qualidade de vida, a distribuição de renda, os impactos ambientais e a saúde dos ecossistemas.	Mensuração econômico do progresso: busca por um equilíbrio entre o crescimento econômico, a proteção ambiental e a justiça social. Porém, indicadores econômicos possuem primazia, por exemplo: PIB.

Fonte: Elaboração pelo autor do trabalho.

A análise das correntes da economia ambiental e da economia ecológica, conforme explorado ao longo deste tópico, revela a complexidade inerente e a crucialidade de integrar as questões ambientais nas práticas econômicas. Ambas as abordagens apresentam perspectivas distintas, refletindo diferentes concepções sobre a interação entre a economia e o meio ambiente.

A economia ambiental, centrada em mecanismos de mercado e incentivos econômicos, visa internalizar as externalidades ambientais no sistema econômico tradicional. Esta abordagem utiliza instrumentos como impostos sobre poluição, subsídios para práticas sustentáveis e a criação de mercados de licenças de emissão para promover a eficiência ambiental. A premissa é que, ao atribuir um custo às atividades poluentes, os agentes econômicos serão incentivados a reduzir seus impactos ambientais, buscando alternativas mais limpas e eficientes.

No entanto, a economia ambiental enfrenta limitações significativas. A tendência de tratar questões ambientais como fatores externos a serem controlados e mitigados pode resultar em uma abordagem fragmentada e insuficiente para enfrentar os desafios sistêmicos e interdependentes da sustentabilidade. Além disso, essa perspectiva frequentemente não considera de maneira adequada os limites biofísicos do planeta, potencialmente subestimando os riscos de degradação ecológica a longo prazo.

Por outro lado, a economia ecológica oferece uma abordagem holística e interdisciplinar, considerando a economia como um subsistema de um sistema maior. Esta corrente enfatiza a importância de reconhecer os limites ecológicos e a interdependência entre os sistemas naturais e econômicos. Propõe-se uma valorização integral dos serviços ecossistêmicos e a adoção de indicadores que reflitam não apenas o crescimento econômico, mas também a sustentabilidade socioambiental e a qualidade de vida. A economia ecológica questiona as bases epistemológicas da economia neoclássica, desafiando o paradigma mecanicista e propondo uma integração mais substancial dos aspectos ecológicos e sociais nas análises econômicas.

3.3 A EMERGÊNCIA DO DEBATE SOBRE BIOECONOMIA E A RENOVAÇÃO DA TEORIA DA PRODUÇÃO NA OBRA DE GEORGESCU-ROEGEN

O termo bioeconomia tem ganhado reconhecimento tanto em âmbito nacional quanto internacional devido à sua capacidade de oferecer alternativas ao atual modelo de produção e consumo baseada hegemonicamente na utilização de recursos não renováveis e na emissão de gases de efeito estufa. Nesse contexto, a bioeconomia se candidata a nortear um novo modelo de produção global ancorado em princípios de exploração de recursos renováveis e de baixa emissão de carbono. Ela propõe estratégias diversas e viáveis para cumprir os compromissos ambientais estabelecidos em acordos internacionais e responder à urgência de ação diante da emergência climática em diferentes esferas. No entanto, é importante ressaltar que o termo

"bioeconomia" engloba uma variedade de conceitos, dimensões e estratégias que são bastante diversos e heterogêneos em seus objetivos e instrumentos de operação.

Do ponto de vista epistemológico, o conceito de bioeconomia é hoje fortemente influenciado por variadas tradições que têm raízes diversas na história do pensamento econômico. Por um lado, pode ser compreendida como um conceito abrangente que envolve o aproveitamento sustentável dos recursos biológicos, tais como plantas, animais, micro-organismos e resíduos orgânicos, com o intuito de promover uma produção mais sustentável e compatível ao meio ambiente. Por outro, tem em seus fundamentos a crítica epistemológica profunda da economia enquanto ciência de padrão determinista, e como instrumento ideológico de dominação, transformação e subjugação da natureza para fins de exploração das gerações atuais, em detrimento das gerações futuras e da sobrevivência da própria humanidade.

Neste segundo sentido, a bioeconomia representa a posição do meio ambiente e do sistema ecológico como elementos centrais e a própria condição de existência do subsistema econômico. Nesse contexto, capitaneada pelo pensamento de Georgescu-Roegen – que anseia pela total superação do paradigma mecanicista que domina o pensamento econômico desde o século XIX – essa corrente tem o intuito de alinhar a análise econômica com a realidade concreta da produção material e econômica que dependente, em última instância, dos estoques e fluxos de energia e matéria oriundas do sistema biogeofísico do Planeta.

No entanto, é necessário reconhecer que hoje a bioeconomia se expressa enquanto narrativa, também, pela abrangência de estratégias e abordagens bem menos ambiciosas, e ancoradas muitas vezes em perspectivas mecanicistas, implicando em objetivos e instrumentos bem menos profundos e radicais em relação ao objetivo de transição de uma modelo de produção baseado em recursos renováveis, tal como proposta originalmente por Georgescu-Roegen.

Dessa forma, conforme destacam os estudos de Priefer, Jörissen e Frör (2017), Gawel, Pannicke e Hagemann (2019), nem toda a visão da bioeconomia compartilha o quesito da sustentabilidade ambiental da mesma forma. Conseqüentemente, compreender as diversas visões presentes na bioeconomia é essencial para pautar o debate sobre sustentabilidade ambiental, desenvolvimento econômico, inclusão social e os seus desdobramentos. O presente segmento tem como propósito apresentar o pensamento bioeconômico de Nicholas Georgescu-Roegen, bem como explorar a sua definição de bioeconomia como uma ruptura teórica e epistemológica no campo das ciências econômicas e da economia ambiental neoclássica.

Neste sentido, Georgescu-Roegen é um dos pioneiros a enfatizar a importância da dimensão temporal e as mudanças qualitativas inerentes ao processo econômico, trazendo para o debate econômico os desenvolvimentos dos campos da termodinâmica e da nova ciência da ecologia. Por esse caminho, Georgescu-Roegen ressalta de maneira inovadora aspectos que são frequentemente negligenciados no campo tradicional da ciência econômica e se torna um dos fundadores teóricos da economia ecológica. A bioeconomia de Georgescu-Roegen pode ser dividida em dois fundamentos básicos, primeiro os processos exossomáticos da evolução humana e segundo importância qualitativa e irreversível das inovações do processo de desenvolvimento econômico. Desta forma, estes dois componentes são essenciais para compreensão do pensamento teórico que define o desenvolvimento da bioeconomia de Georgescu-Roegen.

O biólogo físico A.J. Lotka estabelece o conceito de evolução exossomática que posteriormente foi adaptado e incorporado no pensamento bioeconômico (Georgescu-Roegen, 1975). Para Lotka existem dois tipos de instrumentos evolucionários: endossomáticos e exossomáticos. Os instrumentos endossomáticos são, por exemplo: pernas, garras, asas etc., que são determinados pelas características genéticas singulares dos indivíduos (Georgescu-Roegen, 1975). Por outro lado, os instrumentos exossomáticos são aqueles obtidos no meio em que os indivíduos estão inseridos.

Desta forma, os seres humanos foram capazes de utilizar e transcender limitações biológicas ao desenvolver uma série de instrumentos exossomáticos que permitiram a evolução humana para além dos limites endossomáticos (Georgescu-Roegen, 1975). A humanidade ao superar o modo de evolução biológica se torna dependente da evolução mecânico-industrial, essencialmente dependente dos componentes externos (exossomáticos) como energia, instrumentos manufaturados, recursos naturais e dinheiro (Bonaiuti, 2011). Desta forma, o processo econômico que é formado a partir do papel singular desempenhado pelos componentes exossomáticos, tornam-se um fator indispensável para a evolução humana, o que a difere dos seres humanos dos demais seres vivos.

Georgescu-Roegen (1975) considera estes dois fundamentos como essenciais para o entendimento da bioeconomia. A abordagem bioeconômica de Georgescu-Roegen se difere de algumas noções preponderantes de bioeconomia por compreender o contexto ecológico do processo econômico, integrando as duas concepções, este sendo intrinsecamente inserido a problemática de caráter social visto a quantidade finita e mal distribuída dos recursos existente

(Cavalcanti, 2010). A interação destas duas características são essenciais e determinam a essência da bioeconomia de G-R ao mesmo tempo que nega as determinações puramente econômica e/ou biológicas (Mayumi, 2009).

mankind's survival presents a problem entirely different from that of all other species. It is neither only biological nor only economic. It is bioeconomic. Its broad contours depend on the multiple asymmetries existing among the three sources of low entropy which together constitute mankind's dowry - the free energy received from the sun, on the one hand, and the free energy and the ordered material structures stored in the bowels of the earth, on the other. (Georgescu-Roegen, 1975, p. 369)

Segundo Mayumi (2002), a integração de elementos da biologia evolucionária, economia institucional, análises biofísicas e as dimensões energéticas e dos recursos naturais, conforme proposto por Georgescu-Roegen, transcende as delimitações de um simples campo de estudo econômico. Para o autor, isso representa um novo estilo de pensamento científico que encontra na teoria termodinâmica seu ponto de inflexão.

A bioeconômica de Georgescu-Roegen atribui à termodinâmica um papel fundamental, destacando especialmente a incorporação da segunda lei e suas implicações para a análise econômica. Nesse contexto, a emergência da teoria termodinâmica se distingue da mecânica clássica ao abarcar a existência de sistemas em desequilíbrio, mudanças qualitativas irreversíveis e do sentido temporal dos processos.

A termodinâmica é campo da física, investiga as interações entre o calor transferido para um sistema e as variações de outras grandezas físicas, como temperatura, pressão, volume e energia. Fundamenta-se em dois princípios basilares: a primeira lei, que trata da conservação da energia, e a segunda lei, que aborda a direção do fluxo de energia e a qualidade da mesma - representada pela entropia (Cechin, 2010). De acordo com a lei da conservação da energia, a energia total de um sistema isolado permanece constante, não havendo criação ou destruição de energia, apenas a sua transformação. Por sua vez, a segunda lei postula que a entropia tende a aumentar e que a qualidade da energia tende a degradar, onde a qualidade da energia é definida pela sua capacidade de realizar trabalho ou seja ser útil.

A diferenciação entre termodinâmica e mecânica clássica se fundamenta, em parte, na natureza irreversível dos processos termodinâmicos, os quais progridem em um sentido em direção a estados de maior entropia (Law; Rennie, 2015). Isso implica a consideração da dimensão temporal e da irreversibilidade ao analisar o papel da entropia nos processos físicos.

Segundo Bonaiuti (2011 apud O'connor, 1991; Binswanger, 1993) existem três tipos de sistemas termodinâmicos possíveis, sendo eles: isolado, aberto e fechado:

1. O sistema termodinâmico isolado é aquele que não troca energia nem matéria com o exterior. Neste sistema, a entropia necessariamente tende ao máximo, sendo este o mais característico da termodinâmica clássica.
2. O sistema termodinâmico fechado é aquele que troca energia, mas não troca matéria, ignorando meteoritos e outros detritos espaciais, a Terra pode ser considerada um sistema fechado.
3. O sistema aberto, por outro lado é aquele que troca energia e matéria com exterior, pela existência de uma fonte externa de baixa entropia o sistema tende a sair do equilíbrio termodinâmico⁴.

A capacidade de transformação qualitativa proveniente do processo econômico, em sintonia com o que ocorre com a termodinâmica, é o segundo pilar da bioeconomia de Georgescu-Roegen. Dessa forma, a crítica à análise da economia tradicional é por esta ser insuficiente ao analisar as transformações qualitativas e por se basear numa epistemologia mecanicista e reducionista da realidade (Georgescu-Roegen, 1975). Para Georgescu-Roegen o único modo de compreender as interruptas mudanças qualitativas provenientes do processo econômico é com a análise combinada dos métodos quantitativos auxiliado pelo método dialético (Bonaiuti, 2011).

Neste sentido, os esquemas da economia tradicional de fluxo circular da renda e função de produção não seriam capazes de expressar as mudanças qualitativas, papel do meio ambiente neste processo de forma endógena e por considerar a produção econômica como um sistema fechado (Cechin, 2010). Assim, Georgescu-Roegen propõe uma nova função de produção que seja capaz de incorporar estes elementos e defende a compreensão do sistema econômico como um subsistema de sistema maior.

Ao introduzir o conceito de entropia no contexto econômico, Georgescu-Roegen estabelece uma abordagem que abrange duas dimensões geralmente negligenciadas pela economia tradicional: o tempo e as mudanças qualitativas. De acordo com Georgescu-Roegen (1975), a natureza mecanicista da economia tradicional nega a importância do tempo no processo econômico, uma vez que adota o paradigma da mecânica clássica como absoluto, sendo incapaz de incorporar os impactos das mudanças qualitativas inerentes ao processo econômico.

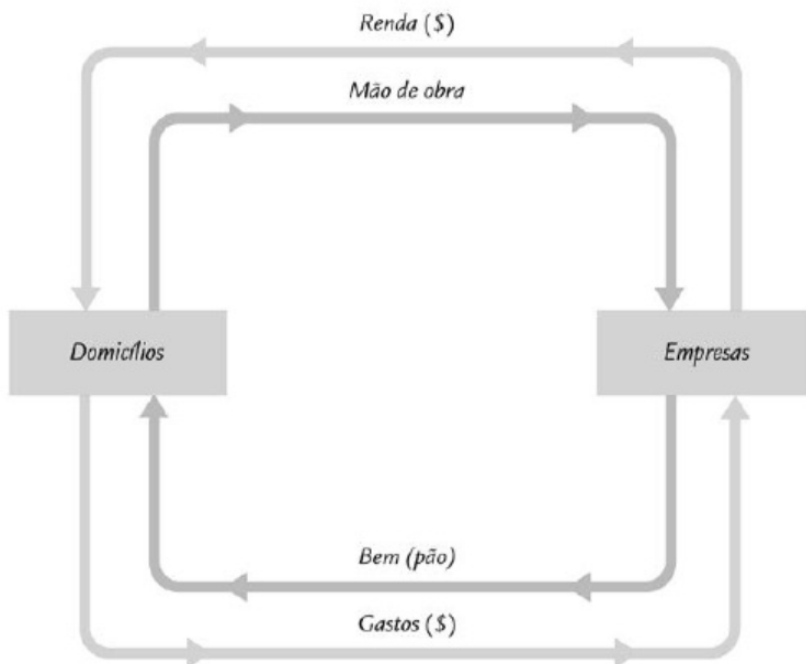
⁴ Estado em que um sistema termodinâmico atinge estabilidade, sem mudanças ao longo do tempo.

Georgescu-Roegen (1975) argumenta que a economia tradicional é limitada em sua compreensão do tempo, considerando-o apenas como um fator linear, irrelevante e reversível para a análise econômica. No entanto, o autor destaca que o tempo desempenha um papel fundamental na dinâmica econômica, visto que os processos econômicos possuem uma dimensão temporal marcados por transformações constantes e não lineares. Além disso, Georgescu-Roegen (1975) enfatiza que tanto a escola neoclássica quanto a marxista compartilham a visão mecanicista, que considera a economia como um sistema fechado e autocontido. Essa perspectiva desconsidera a interdependência entre o sistema econômico e o meio ambiente, e o papel das mudanças qualitativas nesse processo.

The economic process, like any other life process, is irreversible (and irrevocably so); hence, it cannot be explained in mechanical terms alone. It is thermodynamics, through the Entropy Law, that recognizes the qualitative distinction which economists should have made from the outset between the inputs of valuable resources (low entropy) and the final outputs of valueless waste (high entropy). The paradox suggested by this thought, namely, that all the economic process does is to transform valuable matter and energy into waste, is easily and instructively resolved. It compels us to recognize that the real output of the economic process (or of any life process, for that matter) is not the material flow of waste, but the still mysterious immaterial flux of the enjoyment of life. Without recognizing this fact we cannot be in the domain of life phenomena. (Georgescu-Roegen, 1975, p. 353)

Nesse contexto, o fluxo circular da renda representa a máxima expressão do paradigma mecanicista dentro da economia. Logo, ao descrever os movimentos supostamente reversíveis do processo econômico, desvinculados da noção de tempo, a economia tradicional adota a mecânica clássica como ápice do pensamento científico, negligenciando a importância das leis da termodinâmica e o papel da entropia para a compreensão desse processo. Nesse sentido, as mudanças qualitativas que ocorrem em função do processo econômico, que são fundamentais para compreender os impactos da atividade econômica no meio ambiente e na sociedade, são negligenciados pelo pensamento econômico dominante.

Figura 02 – Fluxo Circular da Renda



Fonte: Mankiw (2015)

A noção da economia tradicional que o sistema econômico é fechado é dominante em diversas escolas do pensamento econômico. O fluxo circular da renda defendido pela economia tradicional pode ser compreendido como um sistema fechado, pois nada externo ao sistema entra ou sai e circular por sinalizar que os únicos movimentos possíveis são os de bens e capitais (Cechin, 2010). Entretanto, é óbvio que o sistema econômico realiza ambas as trocas: de energia e matéria, sendo assim um sistema aberto (Cechin, 2010). Por outro lado, o planeta Terra é um sistema fechado pois não troca matéria com o exterior, resultando num fator determinante para compreender os impactos qualitativos inerentes ao processo econômico.

Conforme destaca Georgescu-Roegen (1975), a economia tradicional descreve um mundo puramente mecânico, isento de entropia, no qual todos os processos podem ser revertidos sem quaisquer efeitos negativos, desde que sejam atendidas as variáveis econômicas essenciais, especialmente o capital e o trabalho. Sob essa perspectiva, enquanto o processo econômico for capaz de sustentar o fluxo circular da renda por meio das forças de oferta e demanda, não se faz necessário tomar qualquer ação. Conseqüentemente, essa concepção é a base que sustenta a defesa de um crescimento econômico ilimitado, sem considerar os impactos qualitativos do processo econômico, por exemplo a degradação ambiental.

As long as there are abundant, easily accessible resources around, we might not really care how large this additional loss is. Also, when we produce a copper sheet from some copper ore we decrease the entropy (the disorder) of the ore, but only at the cost of a much greater increase of the entropy in the rest of the universe. If there were not this entropic deficit, we would be able to convert work into heat, and, by reversing the process, to recuperate the entire initial amount of work-as in the imaginary world of the preceding paragraph. In such a world, standard economics would reign supreme precisely because the Entropy Law would not work. (Georgescu-Roegen, 1975, p. 354)

Tei, Chung e Săvoiu (2018), realizam uma revisão de literatura da obra de Georgescu-Roegen, sintetizam de forma concisa em quatro princípios fundamentais o pensamento do economista romeno em relação a sua visão termodinâmica dos processos econômicos e o papel da entropia para compreensão totalizante da dimensão econômica. Esses foram posteriormente expandidos pelos autores e sintetizados em sete princípios derivados que estão presentes na obra de Georgescu-Roegen, servem como base para nortear a compreensão da obra do economista romeno.

Quadro 02 - Os princípios da bioeconomia de Georgescu-Roegen

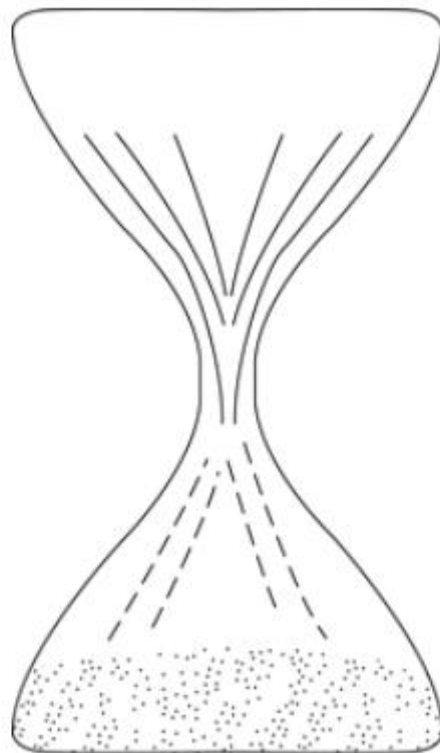
Princípios Fundamentais	Princípios Derivados
1. As mudanças qualitativas causadas pelas extensões do corpo humano (instrumentos exossomáticos) contribuem inevitavelmente para a estagnação do progresso da economia, e a degradação do meio ambiente pelos seres humanos e pela espécie humana anula o processo econômico que o sustenta;	I. O otimismo tecnológico da economia é absolutamente irracional e infundado; II. A produção envolve a transformação de um estoque limitado de matérias-primas e energia, qualquer crescimento econômico é apenas aparente, o da produção por entrada, e implicitamente uma degradação entrópica real dos recursos energéticos.
2. A entropia do sistema econômico fechado aumenta continuamente e irreversivelmente até um valor máximo, e a energia disponível torna-se indisponível, até o desaparecimento do crescimento econômico por falta de correlação com a crescente escassez de recursos (o princípio da falta de substitutibilidade absoluta na bioeconomia);	III. A Terra tem recursos e energia limitados e não deve ser tratada como propriedade de uma determinada geração; IV. A necessidade de conservação de recursos e energia continua sendo fundamental; V. Os excessos e a ‘criminalidade bioeconômica’ do consumismo devem ser desencorajados, e os recursos devem se tornar globais, o que inclui os recursos humanos, que nunca são permitidos livre mobilidade;
3. O princípio termodinâmico expandido mostra que a matéria está sujeita à mesma degradação que a energia (por exemplo, borracha, plástico);	VI. As políticas bioeconômicas não envolvem riscos, pois o processo econômico é irreversível e a variável histórica é impossível de ser modificada ou ajustada;

<p>4. Mesmo quando útil e eficiente, nenhum sistema de reciclagem pode interromper a degradação dos recursos - no máximo, ele a retardará.</p>	<p>VII. A restrição da vida se concentra no conforto exossomático, curto e tumultuado, e na expansão de um estilo de vida mais monótono e duradouro. O processo econômico excessivamente estruturado e monopolizado tem uma entropia cada vez maior.</p>
--	--

Fonte: Tei, Chung e Săvoiu (2018), tradução própria.

É neste contexto que Georgescu-Roegen (1977) propõe a analogia da ‘ampulheta termodinâmica’ para demonstrar o papel fundamental da termodinâmica para compreensão econômica. Além disso, é com base na inevitabilidade das leis das termodinâmicas que Georgescu-Roegen (1977) compreende que as tentativas de salvação ecológicas propostas por Daly e Kenneth E. Boulding com base numa economia de estado estacionário (*Steady-state economy*) não são suficientes para salvar a humanidade.

Figura 03 - A ampulheta do universo

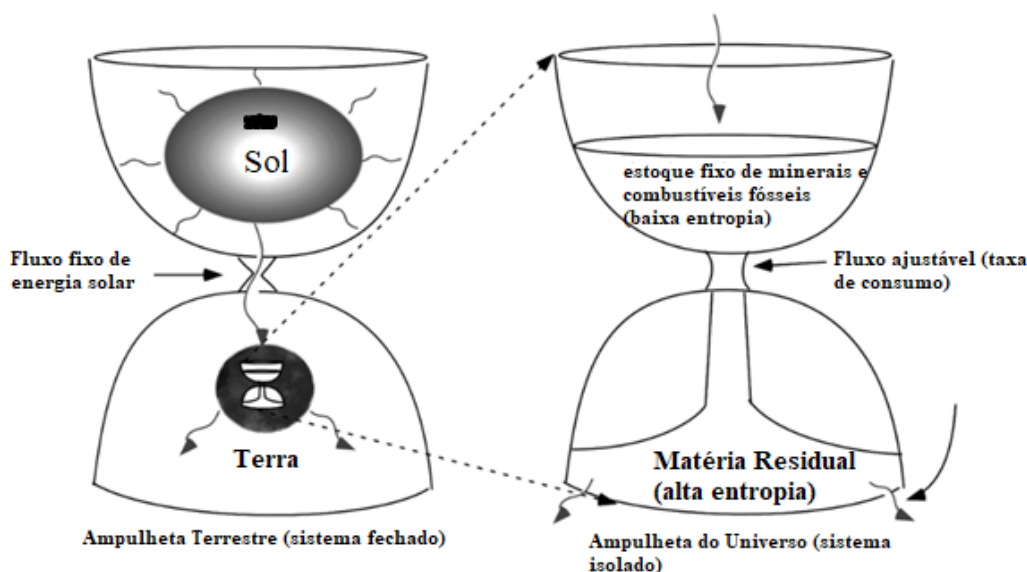


Fonte: Georgescu-Roegen (1977)

Georgescu-Roegen (1977) então exemplifica da seguinte forma. A parte superior da ampulheta é composta pela energia e matéria disponíveis, que podem ser utilizadas pela humanidade. Por outro lado, a parte inferior é composta pela energia e matéria que não são

possíveis a sua utilização pela humanidade. Tais afirmações estão de acordo com a interpretação de Georgescu-Roegen (1977) da segunda lei da termodinâmica, que num sistema essencialmente fechado, a energia e matéria tende a se degradar para um estado de alta entropia. Somado a isso, é preciso destacar que o universo é um sistema fechado e isolado, não troca matéria nem energia com o exterior, enquanto o Planeta é um subsistema fechado que ocorre trocas de energia com o exterior.

Figura 04 - Ampulheta do universo e do Planeta Terra



Fonte: Daly (2007, tradução própria)

É com base nessa diferença que Daly (2007), Daly e Farley (2011) elucidam a noção da ampulheta termodinâmica de Georgescu-Roegen. A primeira parte da figura acima demonstra o Sol e o Planeta dentro da ampulheta do universo, sendo este um sistema fechado, que apenas ocorre entrada de energia por meio do fluxo contínuo de energia solar irradiado na Terra e a sua dissipação pela atmosfera. Já a ampulheta terrestre, compreende a parte superior com o estoque fixo de energia e matéria de baixa entropia disponíveis para humanidade e a parte inferior a matéria e energia descartadas, sendo estes intermediados pelo fluxo de consumo dos recursos energéticos e materiais. Assim, a tragédia da entropia que marca o pensamento de Georgescu-Roegen é fruto dessa concepção.

Dessa forma, economia tradicional omite o aspecto mais importante do processo econômico: as mudanças qualitativas. Ademais, as outras noções como a de “elasticidade de substituição” entre os componentes de capital e trabalho, e produtividade dos fatores também

são fortemente criticadas por Georgescu-Roegen por considerá-los incompatível com a realidade, que propõe uma nova noção baseada no sistema de fluxos e fundos (Cechin, 2010).

Nesse contexto, Georgescu-Roegen (1971) sustenta que a ênfase primordial dos economistas reside na noção de commodities, o que resulta na redução da realidade promovida pelas análises econômicas, buscando estender essa noção a todas as análises econômicas. Consequentemente, de acordo com o autor, as funções de produção da economia tradicional não conseguem abranger de forma adequada o papel fundamental das mudanças qualitativas, pois tendem a generalizar tudo em termos de "fatores de produção".

An inspection of the basic models of production (in real terms) reveals however, that none includes the tired worker or the used tool among their coordinates. In addition to the formal complications already mentioned, there are other reasons which command the economist to avoid the inclusion of these elements in his analytical representations of a process. (...) Moreover, to include tired workers and used tools among the products of industry would invite us to attribute a cost of production to such peculiar commodities. Of course, the suggestion is nonsense. Economics cannot abandon its commodity fetishism any more than physics can renounce its fetishism of elementary particle or chemistry can renounce that of molecule. (Georgescu-Roegen, 1971, p. 218)

A dimensão de fluxos e fundos de Georgescu-Roegen se ampara na compreensão da Terra como um sistema fechado e suas consequências qualitativas para a sobrevivência da humanidade (Mayumi, 2009). Nesse contexto, os fluxos são os elementos que são alterados qualitativamente pelo processo produtivo, de origem natural ou manufaturada, ao longo do tempo, por exemplo: recursos naturais, bens intermediários, produto final e resíduos. Por outro lado, os fundos são aqueles que possibilitam a transformação destes, são os elementos que entram e saem do processo produtivo sem mudanças: trabalho, capital e terra (Couix, 2020). Dessa forma, os fluxos são incorporados ao produto final, por exemplo na produção automobilística, o aço, alumínio, plásticos, motores e componentes eletrônicos são incorporados enquanto os fundos, trabalhadores, terra e as máquinas não. Ademais, todo o processo econômico gera resíduos que não são incorporados no produto final.

Além disso, estabelece a noção de fundos de serviços, em contraposição a noção de estoques. Georgescu-Roegen (1971) afirma que a diferença reside nas quantidades usos ao longo do tempo, por exemplo um estoque de carvão pode ser utilizado em sua totalidade, virtualmente instantaneamente, por outro lado uma máquina que possa funcionar por anos não. Assim, a máquina presta um serviço ao longo do tempo até seu desgaste e deve ser considerada como um fundo de serviços. A função de produção proposta por Georgescu tem como objetivo compatibilizar a noção de fluxos e fundos com a realidade de produção compatível com a

realidade, para além das noções da economia dominante (Georgescu-Roegen, 1971). A função de produção de Georgescu-Roegen é dada por:

$$q = q(L, K) = F(r, i, w) \text{ e } H = H(L, K)$$

Onde (a) q é a taxa de produção determinada pela estrutura da terra ricardiana (L) e os fundos de capitais (K) usados; (b) a relação entre energia e materiais (r), outros produtos manufaturados (i) e resíduos (w); (c) a estrutura de fundos, por exemplo uma certa quantidade de trabalhadores empregadas (H) na terra ricardiana (L) e fundos de capitais (K) a serem usados (Mayumi, 2009).

Esta função de produção demonstra que qualquer produção material é limitada, assim não é possível que, por exemplo numa fábrica, uma queda da taxa de produção seja compensada pelo aumento da taxa de fluxos (Mayumi, 2009). Desta forma, podemos compreender que a redução do uso de um tipo específico de fluxo seja plenamente substituída por um incremento de capital, como é defendida pela economia neoclássica, não possui base na realidade (Mayumi, 2009). Dessa forma, esta função acomoda os movimentos de interação entre fluxos e fundos que estão presentes nos processos produtivos ao longo do tempo.

No artigo “*energy and economic myths*” de Georgescu-Roegen (1975), o autor defende um programa bioeconômico mínimo que contém recomendações básicas para assegurar o futuro da humanidade. Nesse contexto, para o autor o maior desafio para humanidade é a relação da qualidade de vida da geração presente com as futuras e como os economistas falham em compreender esta dimensão em toda a sua totalidade. Georgescu-Roegen (1975) define a economia como a administração de recursos escassos em apenas uma geração, razão pela qual os economistas encontram dificuldade em compreender as implicações ao longo das gerações. Nesse contexto, um dos conceitos básicos da economia é a precificação de bens irreprodutíveis, a teoria econômica diz que para atribuir um preço tal bem deve receber uma oferta de todos os agentes possíveis. Georgescu-Roegen (1975) faz uma analogia com a Mona Lisa de Leonardo da Vinci, onde se apenas dois indivíduos realizassem as ofertas pela obra é bem provável que esta seja adquirida por apenas alguns dólares.

Assim sendo, é justamente essa posição que a geração atual opera, o consumo de recursos escassos e níveis de poluição são apenas mediados pela oferta feita da geração atual. Georgescu-Roegen (1975) reconhece a existência da tentativa de incorporação dos interesses de uma futura geração, como as das crianças e netos, mas aponta que o escopo é reduzido e não

leva em consideração centenas ou até mil anos do futuro. Dessa forma, para Georgescu-Roegen (1975) apenas um planejador onisciente seria capaz de formular mecanismo que permita o uso de recursos ao longo das gerações sem prejudicar ou beneficiar uma geração em detrimento de outra.

Dessa maneira, Georgescu-Roegen (1975) argumenta que a esperança da humanidade reside na instrução para evitar danos desnecessários e proteger a nossa e espécies benéficas aos seres humanos. Ademais, transicionar para o uso da única fonte de energia verdadeiramente ilimitada e limpa: a energia solar. Dessa forma, uma economia baseada em energia solar acabaria com o monopólio da geração atual perante as gerações futuras, mas ainda teria que lidar com a problemática da escassez dos recursos naturais. Neste contexto, que Georgescu-Roegen (1975) defende oito pontos básicos do seu programa bioeconômico mínimo.

1. Primeiro, o fim de todos os instrumentos de guerra, alocando as forças produtivas, recursos e materiais para ajuda internacional.
2. Segundo, desenvolver as nações subdesenvolvidas da forma mais rápido possível para alcançar um bom, mas não luxuoso, padrão de vida.
3. Terceiro, a humanidade deve diminuir a sua população até o ponto que a agricultura orgânica tem a capacidade produtiva de alimentar toda a população mundial.
4. Quarto, até o uso da energia solar plenamente ou da fusão nuclear controlada, todos os desperdícios de energia devem ser evitados ou criteriosamente regulados.
5. Quinto, curar a humanidade da extravagância de consumo mórbido.
6. Sexto, acabar com o incentivo de troca de bens sem necessidade.
7. Sétimo, fomentar o desenvolvimento de bens que sejam mais duráveis e reparáveis.
8. Oitavo, terminar com o impulso de aprimorar bens sem motivo necessário⁵.

O programa de Georgescu-Roegen é um misto de recomendações de condutas éticas, práticas econômicas e políticas. Conforme destaca Missemmer (2017), o programa proposto por Georgescu-Roegen pode ser considerado um programa de decrescimento econômico em certos aspectos de acordo com as noções de entropia defendidas pelo economista romeno. Dessa forma, o papel de crescimento para Georgescu-Roegen deve respeitar as noções que o sistema

⁵ Georgescu-Roegen (1975) dá o exemplo de uma máquina de barbear que a cada novo modelo barbeia mais rápido.

econômico é um subsistema do sistema terrestre e por isso é obrigado a respeitar as leis imutáveis da natureza.

3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As contribuições de Georgescu-Roegen não foram completamente reconhecidas durante sua vida, e sua tentativa ambiciosa de transformar as bases da economia não foi plenamente alcançada. Sua proposta de uma revolução e ruptura epistemológica, que começou com a publicação de seu livro "*Analytical Economics*" em 1966, foi amplamente reconhecida no meio acadêmico da época. Especialmente o economista Paul Anthony Samuelson considerava Georgescu-Roegen como "um acadêmico de um acadêmico, um economista de um economista", elogiando sua maestria ao abordar temas como a teoria do consumidor, teoria da produção, economia institucional e realizar uma crítica profunda à epistemologia da economia dominante (Bonaiuti, 2011).

No entanto, como apontado por Bonaiuti (2011) e Daly (1995), o enfoque de Georgescu-Roegen no desenvolvimento do seu pensamento bioeconômico resultou em sua marginalização pelos economistas neoclássicos, incluindo Samuelson, que anteriormente havia demonstrado admiração pela produção teórica de G-R. A abordagem inovadora e desafiadora de Georgescu-Roegen não encontrou um amplo reconhecimento dentro do paradigma econômico dominante, que é firmemente estabelecido em noções mecanicistas e determinista da economia.

Portanto, apesar de ter sido reconhecido por sua originalidade e profundidade em certos círculos acadêmicos, Georgescu-Roegen não teve suas contribuições completamente apreciadas por sua proposta de uma abordagem bioeconômica. As suas críticas e tentativa de transformar a teoria econômica não foram adotadas pelos economistas de sua época, que permaneceram focados em seus próprios fundamentos teóricos, resultando em desconsiderar a produção acadêmica de Georgescu-Roegen pós-1966 (Bonaiuti, 2011).

Georgescu-Roegen dedicou o restante de sua vida ao desenvolvimento de sua visão de bioeconomia. Durante esse período, ele publicou numerosos livros e artigos nos quais debatia publicamente os limites da economia dominante, além de criticar as propostas de salvação ecológica apresentadas por diversos economistas heterodoxos. Para muitos de seus contemporâneos, o economista romeno tinha uma visão pessimista em relação ao futuro da humanidade, dada a natureza implacável da lei da entropia. Nesse sentido, Georgescu-Roegen debateu e criticou as noções de salvação ecológica de Boulding, Odum e Daly, ao mesmo tempo

em que rejeitava veementemente as noções de salvação baseadas em tecnologia propostas pelos economistas ortodoxos.

Apesar de suas críticas e de sua recusa em se integrar aos esforços de institucionalização da economia ecológica, Georgescu-Roegen passou o restante de sua vida academicamente isolado dos grandes debates acerca das consequências ambientais dos processos econômicos. No entanto, ainda é considerado um dos fundadores do pensamento da economia ecológica, e suas contribuições são reconhecidas até hoje pelos principais expoentes desse campo. Por outro lado, a economia tradicional permaneceu em silêncio diante das críticas de Georgescu-Roegen em relação à epistemologia mecanicista que domina o pensamento econômico. Nenhuma de suas contribuições teóricas pós-1970 foi incorporada aos manuais de economia, nem tampouco foram reconhecidos os limites dos postulados deterministas que fundamentam a teoria econômica dominante como um todo.

O legado de Georgescu-Roegen é especialmente significativo na área da economia ecológica, onde ele é reconhecido como precursor das teorias de decrescimento e da relação entre o meio ambiente, natureza qualitativa dos processos econômicos e principalmente por incorporação a noção termodinâmica para as análises econômicas. Dessa forma, o seu maior legado na teoria econômica é a aplicação do paradigma termodinâmico, o qual foi amplamente incorporado nas análises da escola da economia ecológica. Embora suas ideias não tenham tido o impacto desejado no campo da economia como um todo, suas visões sobre os sistemas econômicos como integrados, o papel da termodinâmica e a importância dos processos qualitativos são bases fundamentais dentro do âmbito da economia ecológica.

Se a bioeconomia proposta por Georgescu-Roegen buscava estabelecer um pensamento econômico holístico, fundamentado nas dimensões físicas, químicas e biológicas do Planeta, os ideais de bioeconomia mais difundido, em sua maioria, tem como objetivo adicionar o meio ambiente como mais um componente a ser subjugado pela dimensão econômica. Nesse sentido, as concepções de bioeconomia, que a veem como um mero instrumento para reduzir os impactos ambientais e tornar as cadeias produtivas mais sustentáveis, pouco ou nada se assemelham com a visão defendida por Georgescu-Roegen.

A concepção de bioeconomia ainda é objeto de disputa entre diversos agentes, porém, apesar da diversidade de abordagens, especialmente no âmbito das políticas públicas, a visão defendida por Georgescu-Roegen parece não ser a base que impulsiona o grande debate bioeconômico atual, alguns dos indicativos que levam a isso será exposto no artigo 3. Por um

lado, há uma compreensão geral da bioeconomia como uma ferramenta para alcançar medidas mais sustentáveis ambientalmente. Por outro lado, a contribuição de Georgescu-Roegen para a teoria econômica que nunca foi completamente incorporada pela disciplina econômica dominante da forma que o economista romeno desejaria, dada sua natureza disruptiva em relação aos dogmas do pensamento econômico tradicional.

Georgescu-Roegen rejeitava veementemente a ideia de que a bioeconomia fosse apenas mais uma escola de pensamento dentro da economia, mas sim uma ruptura em relação à visão mecanicista que permeia a teoria econômica em sua totalidade. Ao trazer para o centro do debate econômico as noções de entropia, fundos e fluxos, e ao considerar o processo econômico dentro de um sistema mais amplo, Georgescu-Roegen questiona as bases abstratas e deterministas que dominam o cerne dos estudos econômicos. Assim, ao incorporar o meio ambiente de forma endógena e genuína ao processo econômico, com todas as suas implicações, torna-se impossível conciliar um pensamento verdadeiramente bioeconômico com os fundamentos básicos da economia dominante. Portanto, como afirma Daly (1995), talvez por isso Georgescu-Roegen tenha sido excluído dos principais debates econômicos do século XX e a sua contribuição tenha sido veementemente rejeitada pela ortodoxia econômica.

No entanto, a contribuição de Georgescu-Roegen não passou despercebida e foi essencial para o surgimento da economia ecológica, que representou um marco na reintrodução dos conceitos do autor no debate econômico. A natureza multidisciplinar da economia ecológica facilitou a aceitação desses pressupostos. Por outro lado, a diversidade de concepções sobre bioeconomia é resultado das pluralidades de agentes envolvidos na necessidade de incorporar o meio ambiente no debate econômico. Assim, é possível compreender que as duas principais correntes que abordam a questão ambiental na literatura econômica, a economia ambiental e a economia ecológica, tiveram pontos de partida distintos, com diversas influências e, principalmente, são produtos de décadas de debates sobre a questão ambiental.

Conforme será exposto no artigo a seguir, atualmente o ideal de bioeconomia se expressa principalmente por meio de políticas públicas que visam incorporar novas cadeias de produção ou reduzir os impactos das cadeias já existentes, buscando alcançar uma forma de produção ambientalmente sustentável. A ênfase recai sobre a implementação de estratégias que promovam a transição para um modelo econômico verde e com baixo impacto ambiental alinhados com os desafios ecológicos, considerando a conservação dos recursos naturais e a

mitigação dos impactos ambientais como objetivos fundamentais, porém conservando a primazia econômica sobre estes aspectos.

Nesse sentido, a bioeconomia que domina os debates atuais é influenciada pela urgente necessidade de enfrentar os desafios ambientais e avançar em direção a uma economia ambientalmente sustentável, sem contestar a base teórica que permitiu a emergência climática em primeiro lugar. Somado a isso, o rico debate epistemológico promovido por Georgescu-Roegen nos anos 1970 perdeu espaço para a compreensão da bioeconomia como meramente políticas públicas sustentáveis. Entretanto, existem visões alternativas de bioeconomia buscam incorporar a contribuição de Georgescu-Roegen em seu cerne, incorporando os ideais de Georgescu-Roegen como balizadores de uma bioeconomia verdadeiramente ecológica, como será exposto a seguir.

4 A BIOECONOMIA CONTEMPORÂNEA: O DEBATE ATUAL SOBRE ESTRATÉGIAS DE CONSTRUÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS

4.1 INTRODUÇÃO

A atual discussão em torno da bioeconomia é permeada por multiplicidade de conceitos e abordagens teóricas. A vasta diversidade de atores que compõem o âmbito da bioeconomia resulta em uma ampla gama de definições e perspectivas associadas a este campo do conhecimento. Em face dessa complexidade, as interpretações mais prevalentes da bioeconomia tendem a destacar o emprego da biotecnologia e engenharia genética para o desenvolvimento de inovações de produtos e processos. No entanto, outras abordagens menos destacadas enfatizam a importância da conservação da biodiversidade e da utilização mais eficiente dos recursos naturais. Ademais, notáveis exemplos de políticas públicas relacionadas à bioeconomia buscam aprimorar a compreensão do conceito, bem como sua implementação, levando em consideração as particularidades econômicas e sociais de cada região.

Nesse contexto, a comunidade científica direciona esforços para delinear e caracterizar as múltiplas perspectivas da bioeconomia vigentes no cenário contemporâneo. Contribuições essenciais advêm dos estudos de Bugge, Hansen e Klitkou (2016), Priefer, Jörissen e Frör (2017) e Vivien *et al.* (2019), os quais desempenham um papel fundamental nas tentativas de compreensão integral da bioeconomia. Esses trabalhos não somente esclarecem a complexidade do conceito de bioeconomia, mas também facilitam na caracterização de políticas públicas de caráter bioeconômico que aspiram à sustentabilidade ambiental. Além disso, Zawojka e Siudek (2016), bem como Tei, Chung e Sãvoiu (2018), abordam a dicotomia entre "bioeconomy" e "bioeconomics", fornecendo uma perspectiva alternativa e enriquecedora para os debates sobre a bioeconomia.

Outro aspecto de suma importância no contexto do debate bioeconômico reside na forma como a bioeconomia está sendo articulada em conjunto com políticas públicas que buscam mitigar ou reduzir os impactos das mudanças climáticas e, em última instância, promover um novo paradigma de produção global com baixas emissões de carbono e reduzido impacto ambiental. Nesse sentido, é de relevância substancial explorar os empreendimentos bioeconômicos implementados nos Estados Unidos da América e em países da União Europeia, além das próprias formulações de políticas bioeconômicas no Brasil. Especialmente com o propósito de evidenciar as discrepâncias presentes e particularidades decorrentes das desigualdades econômicas, geográficas e sociais inerentes a cada nação.

Assim sendo, este estudo tem como objetivo expor e analisar as diversas interpretações da bioeconomia presentes na literatura, através de uma revisão dos trabalhos selecionados. Ademais, tem-se o objetivo específico de examinar as primeiras políticas públicas de caráter explicitamente bioeconômicas que foram implementadas nas últimas décadas, suas características e os objetivos subjacentes a serem alcançados. Esta pesquisa busca, portanto, contribuir para o debate qualificado sobre as noções de bioeconomia e sua relevância nas tomadas de decisão político-econômicas em um mundo cada vez mais consciente das questões ambientais.

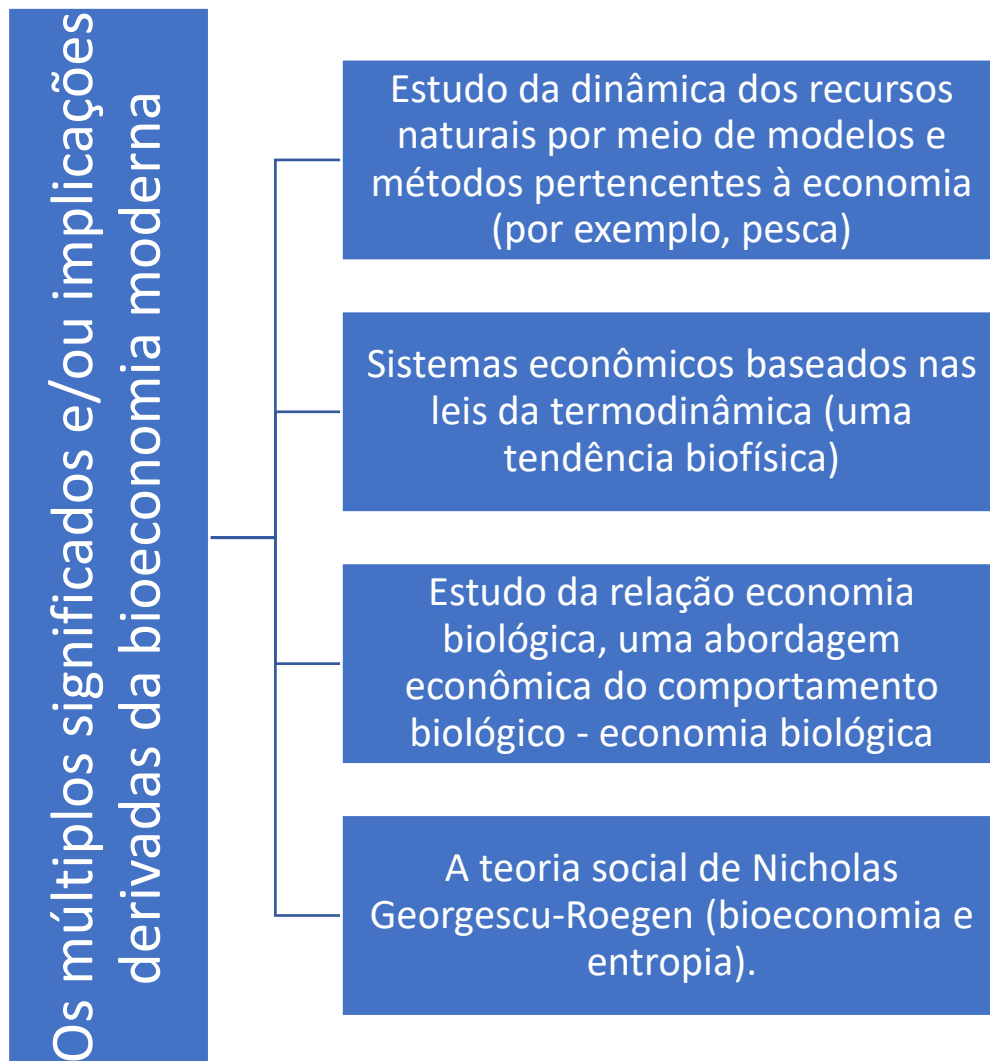
4.2 AS ORIGENS E NOÇÕES DO TERMO BIOECONOMIA

A bioeconomia é um conceito abrangente e amplamente utilizado em várias áreas do conhecimento, sendo de relevância significativa compreender seu desenvolvimento e aplicação teórica no contexto acadêmico. A fim de entender as fontes da multiplicidade conceitual que envolve o debate bioeconômico, torna-se crucial investigar as origens e as noções associadas à bioeconomia, a fim de contribuir para o entendimento da razão da pluralidade conceitual que cerca o debate bioeconômico, conceitos estes muitas vezes antagônico nos diversos temas que englobam os debates contemporâneos sobre bioeconomia. Nesse sentido, a presente seção tem como objetivo realizar uma breve exploração das diversas concepções de bioeconomia ao longo do pensamento econômico e de como essas concepções são classificadas por diferentes autores, chegando à definição atual e seus diferentes usos.

Tei, Chung e Săvoiu (2018) identificam o primeiro uso do termo "bioeconomia" pelo biólogo britânico Hermann Reinheimer em 1913, no livro "*Evolution by Co-operation A Study in Bio-economics*", para descrever como diferentes organismos garantem seu sustento dentro da economia natural. Posteriormente, o acadêmico russo Fedor Ilyich Baranoff introduziu os termos "bionomics" ou "bioeconomics" no contexto da pesca excessiva, buscando uma solução biologicamente ótima para esse problema, baseando-se em fundamentos econômicos e biológico para alcançar o rendimento máximo sustentável na conjuntura do setor de piscicultura (Vivien *et al.*, 2019). Entre os anos de 1918 e 1925, Baranoff refinou o conceito, aproximando-o do uso contemporâneo de bioeconomia enquanto uma atividade econômica baseada em recursos biológicos (Tei; Chung; Săvoiu, 2018; Vivien *et al.*, 2019).

Tei, Chung e Săvoiu (2018) apontam para quatro ramos nas quais podem ser consideradas as origens das multiplicidades do conceito de bioeconomia atualmente.

Figura 05 - Os significados da bioeconomia moderna



Fonte: Tei; Chung; Sävöiu, 2018. Tradução própria

Além das diversas definições conceituais da bioeconomia, é importante considerar a dimensão semântica do termo em inglês, que embora não seja tão distintivo como os conceitos de "economy" e "economics"⁶ em países de língua inglesa, ainda apresenta duas formas de escrita: "bioeconomics" e "bioeconomy". Essas diferentes formas de escrita implicam em nuances conceituais fundamentais que podem se perder na tradução do termo para o português.

Nesse sentido, Zawojcka e Siudek (2016) conduziram uma revisão de literatura com o objetivo de examinar a maneira como ambos os termos, "bioeconomics" e "bioeconomy", são

⁶Segundo *American Dictionary (2024)* define-se "economy" como o sistema de comércio e indústria pelo qual a riqueza de um país ou região é produzida e utilizada. Já "economics" como o estudo científico do sistema pelo qual a riqueza de um país é produzida e utilizada.

utilizados no contexto acadêmico. Os autores realizaram uma seleção de definições de "bioeconomics" com o propósito de compreender sua abrangência e aplicação no debate acadêmico.

Quadro 05 - Autores e suas definições de "bioeconomics"

Autores	Definições
Reinheimer, 1913	O estudo de como organismos de todos os tipos ganham a vida na "economia da natureza", com ênfase particular nas interações cooperativas e na elaboração progressiva da divisão do trabalho.
Georgescu-Roegen, 1977	O termo bioeconomia destina-se a nos fazer ter continuamente em mente a origem biológica do processo econômico e, assim, destacar o problema da existência da humanidade com um estoque limitado de recursos acessíveis localizados de forma desigual e apropriados de forma desigual.
Tullock, 1979	A aplicação da teoria econômica padrão e sua suposição comportamental de que os indivíduos são maximizadores restritos no estudo de fenômenos biológicos.
Magee, 1993	A bioeconomia é uma teoria de um fator baseada na hierarquia, que pode explicar tanto a economia quanto a política. Na bioeconomia, os fortes dominam os fracos na vida econômica, política e social.
Landa e Ghiselin, 1999	A bioeconomia visa a integração ou "consiliência" de duas disciplinas, economia e biologia, com o objetivo de enriquecer ambas as disciplinas, ampliando substancialmente as bases teóricas e empíricas que, em última análise, contribuem para a construção de novas hipóteses, teoremas, teorias e paradigmas.
Witt, 1999	O paradigma de pesquisa que combina duas disciplinas científicas independentes, embora em muitos aspectos relacionadas: economia e biologia.
Ghiselin, 2005	O campo que usa uma microeconomia expandida para examinar o comportamento animal, o comportamento humano e as instituições sociais animais e humanas.
Vromen, 2007	A bioeconomia concentra-se na importância dos processos evolutivos passados para estudar o comportamento atual.
Gallagher, 2008	A bioeconomia refere-se à concentração da economia política nas interconexões entre as

	populações, no suprimento de alimentos, nos modos de produção e troca e em seu impacto nas formas de vida em geral.
Khalil e Marciano, 2010	O princípio da racionalidade aplicado a organismos não humanos.
Zawojcka e Siudek, 2016	Transferência da abordagem biológica para a economia humana e da abordagem econômica para o comportamento de organismos não humanos.

Fonte: Zawojcka e Siudek, 2016, tradução própria

Por outro lado, as definições mais influentes de "*bioeconomy*" são formuladas por grandes instituições, tais como a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e a Comissão Europeia. Nesse contexto, Zawojcka e Siudek (2016) selecionaram quatro definições relevantes de "*bioeconomy*", consideradas significativas no âmbito do debate acadêmico.

Quadro 06 - Definições de "*bioeconomy*"

Autores	Definições
OECD, 2009	O conjunto de atividades econômicas relativas à inovação, desenvolvimento, produção e uso de produtos e processos biológicos.
Casa Branca, 2012	Atividade econômica que é alimentada pela pesquisa e inovação nas ciências biológicas.
Comissão Europeia, 2012	Abrange a produção de recursos biológicos renováveis e sua conversão em alimentos, rações, produtos de base biológica e bioenergia.
McCormick e Kautto, 2013	Uma economia onde os blocos básicos de construção de materiais, produtos químicos e energia são derivados de recursos biológicos renováveis.

Fonte: Zawojcka e Siudek, 2016, tradução própria

Outro aspecto relevante é o recente destaque do conceito de "*bioeconomy*" em relação ao uso anterior de "*bioeconomics*". Conforme observado por Tilica (2021), há uma mudança perceptível no uso desses termos em termos de popularidade, sendo que "*bioeconomics*" era predominantemente utilizado antes dos anos 2000, sendo substituído em relevância e popularidade acadêmica por "*bioeconomy*" a partir desse período. Nesse contexto, ressalta-se o papel fundamental desempenhado pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e pela Comissão Europeia (CE) na construção da bioeconomia na qualidade de instrumento de política pública destinada a enfrentar os desafios da emergência climática. Em contrapartida, Georgescu-Roegen foi o pioneiro no desenvolvimento do

pensamento bioeconômico “*bioeconomics*” para teoria econômica, articulando de forma coerente as dimensões biológicas, físicas, econômicas, sociais e éticas, sendo um influente autor no desenvolvimento do campo da economia ecológica.

Em complemento às análises de Zawojcka e Siudek (2016) e Tilica (2021), mas fora do campo de diferenciação semântica, Vivien *et al.* (2019) adota uma abordagem diferente ao identificar três tipos distintos de bioeconomia, semelhante aos achados de Bugge, Hansen e Klitkou (2016). Dentro desse contexto, Vivien *et al.* (2019) tem como objetivo fornecer uma síntese dos três tipos de bioeconomia, caracterizando-os da seguinte forma:

Quadro 07 – Tipos de Bioeconomia Segundo Vivien *et al.* (2019)

	Bioeconomia de Tipo I	Bioeconomia de Tipo II	Bioeconomia de Tipo III
Expoentes	Georgescu-Roegen (1975, 1978)	OECD (2009, 2017a, b, c)	Langeveld et al. (2010) EC (2012, 2018)
Definições	Uma economia ecológica, compatível com a biosfera	Uma economia de base científica impulsionada pela biotecnologia industrial	Uma economia baseada na biomassa
Relação natureza e economia	Megatendências com “tecnologias prometeicas” Enquanto se aguarda o advento de Prometeu III, a economia da prudência e da partilha	Perspectiva de uma quinta vaga de Kondratiev baseada na ascensão da biotecnologia. A “economia das promessas tecno científicas”	A biorrefinação no centro da transição ecológica (Perspectiva a vários níveis). A economia da aprendizagem
Sustentabilidade	Abordagem da “sustentabilidade forte” e perspectiva do decrescimento	Abordagem muito “sustentabilidade fraca”	Abordagem “Sustentabilidade fraca”
Governança	Deliberação democrática e planejamento ecológico	Mercantilização do conhecimento. Defesa dos direitos de propriedade intelectual	Política orientada por missões - Backcasting para identificar futuros desejáveis para a bioeconomia através da identificação de produtos e da coordenação das partes interessadas
Tensões e paradoxos	Contra especialização em vez de soluções técnicas concretas	Conflitos e concorrência no registo de patentes,	Substituição de produtos ou funções

	<p>Críticas de grupos sociais que permanecem à margem dos centros de decisão</p> <p>O decrescimento não está na agenda dos decisores</p>	<p>mas a acumulação de conhecimentos continua a ser problemática</p> <p>Como podem os processos biotecnológicos serem integrados em produtos multitecnológicos complexos?</p> <p>Como manter as promessas revolucionárias como uma solução única em todos os domínios de aplicação?</p> <p>Resistência social aos organismos geneticamente modificados</p>	<p>por novos produtos (químicos e materiais)</p> <p>Provavelmente, aumento da pressão sobre os recursos e a terra</p>
--	--	--	---

Fonte: Vivien *et al.* (2019), tradução própria.

A bioeconomia de tipo I tem como expoente Georgescu-Roegen, enfatizando a necessidade de alinhar a produção econômica aos limites biofísicos do Planeta, reconhecendo a impossibilidade física de contornar as leis da termodinâmica e da entropia (Vivien *et al.*, 2019). Nessa perspectiva, Georgescu-Roegen introduz o conceito de tecnologias prometeicas, que se referem a tecnologias capazes de permitir avanços notáveis, tanto quantitativos quanto qualitativos, no acesso à energia pela humanidade (Mayumi, 2001). Segundo Georgescu-Roegen (1978), até o momento, houve apenas duas tecnologias prometeicas: o domínio do fogo pela humanidade e o desenvolvimento de motores a vapor e posteriormente de motores de combustão. Ele argumenta que a missão da humanidade é alcançar o domínio da terceira tecnologia prometeica - a energia solar ou fusão nuclear⁷.

A bioeconomia de tipo II é fundamentada no avanço da biotecnologia na segunda metade do século XX, especialmente no início do mapeamento e modificação genética (Vivien *et al.*, 2019). Nesse contexto, a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

⁷ O domínio da fusão nuclear significaria a geração de energia de forma limpa, altamente eficiente e sem os resíduos altamente radioativos da fissão nuclear, o método tradicional de uso da energia nuclear atualmente.

(OCDE) desempenha um papel fundamental, fornecendo apoio institucional para a formulação de políticas públicas com o objetivo de promover o desenvolvimento de tecnologias compatíveis com essa abordagem (Vivien *et al.*, 2019). A partir da década de 1990, a organização passou a promover a "economia do conhecimento", em inglês “*knowledge based economy*”, com ênfase no papel da biotecnologia, e posteriormente incorporou essa discussão à concepção de bioeconomia defendida pela OCDE (OECD, 2009).

A bioeconomia de tipo III é caracterizada por sua ênfase fundamental no uso da biomassa como recurso essencial. Este tipo de bioeconomia tem ganhado particular popularidade na Europa e recebe um amplo apoio institucional da Comissão Europeia. Além disso, como destacado por Vivien *et al.* (2019), o conceito de biorefinarias tem raízes no continente europeu desde a década de 1930, quando buscava-se transformar a agricultura em fornecedora de insumos para a indústria química. Atualmente, esse conceito busca aproveitar o potencial da biomassa para promover uma transição energética de baixo carbono na região, por meio da integração dos setores agrícola, químico e tecnológico visando alcançar esse potencial.

Por outro lado, conforme Bugge, Hansen e Klitkou (2016), a bioeconomia pode ser entendida em três tipos: 1) biotecnológica; 2) bioeconomia de biorecursos e; 3) bioecológica. Desta forma, estes tipos são determinados pelos fatores mais relevantes na sua aplicação e formulação na realidade concreta. Assim sendo, para esta distinção Bugge, Hansen e Klitkou (2016) discriminam quatro em categorias, sendo elas: a) adesão dos objetivos básicos à sustentabilidade ou ao crescimento econômico; b) principais estratégias de geração de excedente econômico; c) principais drives e mediadores de inovação; d) abordagem espacial. Assim sendo, é possível compreender os tipos de bioeconomia da seguinte forma, segundo Bugge, Hansen e Klitkou (2016):

- Biotecnológica: enfatiza a importância da pesquisa e aplicação de biotecnológica e a sua comercialização para diversos setores;
- Bioeconomia de biorecursos: possui o foco em pesquisa, desenvolvimento e demonstração (PD&D) em setores-chaves que relacionados com matérias-primas biológicas. Assim, com foco no potencial de aplicabilidade da ciência para o melhoramento ou conversão de matérias-primas biológicas;
- Bioecológica: destaca o papel dos processos ecológicos otimizadores de energia e nutrientes, promove biodiversidade, evita monoculturas e a degradação do solo.

Diferentemente dos tipos anteriores, este destaca o papel central do potencial regional e integração dos sistemas e processos;

4.2.1 Bioeconomia Biotecnológica

A bioeconomia biotecnológica pode ser compreendida como a busca pelo crescimento econômico e geração de empregos por meio dos avanços dos incrementos tecnológicos por ela provida. Todavia, o componente econômico é priorizado em detrimento do ambiental, esta relação abarca todas as relações derivadas do tipo biotecnológico (Bugge; Hansen; Klitkou, 2016). Em última instância, é a mantem primazia do componente econômico sob ambiental. Ademais, a geração de excedente econômico é realizada por meio de estratégias de aplicação da biotecnologia, sua comercialização, pesquisa e desenvolvimento. Dessa forma, a aplicação de biotecnologias em diversos setores, por meio de processos de substituição e criação de setores que necessitam de biotecnológicas são centrais.

Desta forma, outro componente central é o papel da ciência de forma intensiva, que viabiliza processos inovativos dentro da lógica de inovação linear. Nesse sentido, o modelo de inovação linear propõe que os processos inovativos ocorrem da seguinte forma: pesquisa científica, desenvolvimento do produto, produção e marketing (Bugge; Hansen; Klitkou, 2016). Logo, no contexto da biotecnologia, a maior interação entre empresas e centros de pesquisa é essencial para garantir que a biotecnologia seja aplicada e comercializada (Bugge; Hansen; Klitkou, 2016). De tal forma, esta visão compartilha similaridades do papel do progresso tecnológico com a economia ambiental. Assim sendo, a suposta capacidade de substituição, proveniente do progresso tecnológico, iria resolver os problemas de abastecimento e escassez. Nesse contexto, a abordagem espacial é marcada pela concentração em regiões favoráveis, por exemplo: polos de alta tecnologia biotecnológica, centros de pesquisa estatais de excelência ou regiões com relevância geografia seriam os mais beneficiados (Bugge; Hansen; Klitkou, 2016).

4.2.2 Bioeconomia de Biorecursos

A bioeconomia de biorecursos tem como objetivo conciliar a necessidade de crescimento econômico com a sustentabilidade dos ecossistemas, por meio da introdução de biorecursos que viabilizem a geração de excedente econômico (Bugge; Hansen; Klitkou, 2016). Dessa forma, tanto o componente econômico quanto ambiental possui igual importância. Entretanto, pode ser observado que há maior foco no desenvolvimento de tecnologias de

bioprodutos do que nos aspectos ambientais de proteção e impactos dessas tecnologias, que são considerados como dadas na crença que a transição será ambientalmente sustentável (Bugge; Hansen; Klitkou, 2016). Desse modo, o elemento destacado como chave para viabilização desse tipo de bioeconomia é o uso do solo. Nesse sentido, o excedente econômico de constantes processos de inovação que permitam a criação ou melhor utilização de materiais naturais, melhores técnicas de manejo e reciclagem de resíduos. Sendo sustentáveis graças a incrementos da produtividade do solo e técnicas de redução e degradação do solo (Bugge; Hansen; Klitkou, 2016).

Semelhante ao tipo anterior, a bioeconomia de biorrecursos também destaca o papel da tecnologia, porém compreende o caráter dos diversos campos e atores que estão relacionados e como as suas interações impactam de maneira decisiva para o processo inovativo. Segundo Bugge, Hansen e Klitkou (2016), fica evidente que para a visão de biorrecursos os processos cooperativos resultantes da interação e colaboração entre setores e consumidores são primordiais para que a inovação aconteça. Por outro lado, o a questão espacial é fundamentalmente diferente. O foco desta visão é na região rural dado a importância dos recursos naturais tendo como fatores chaves a localização (Bugge; Hansen; Klitkou, 2016). Consequentemente, isto resultaria no maior dinamismo das regiões rurais, gerando diversificação produtiva e produção de produtos com maior valor agregado. Entretanto, o foco espacial é genérico, não tendo distinção entre ecossistemas ou relações sociais presentes.

4.2.3 Bioeconomia Bioecológica

A visão da bioeconomia bioecológica traz a primazia da questão ambiental em relação a econômica (Bugge; Hansen; Klitkou, 2016). Dessa forma, esta visão compartilha com a economia ecológica a noção que o sistema econômico é um subsistema de um sistema maior. Assim sendo, a literatura deste tipo de bioeconomia é normalmente crítica das noções de crescimento econômico e da utilização de biorrecursos dos tipos anteriores. Nesse sentido, a crítica é fundamentada a partir dos efeitos adversos da utilização de biorrecursos para seres humanos, desigualdade de acesso a estes recursos até dilemas morais (Bugge; Hansen; Klitkou, 2016).

A geração de excedente econômico nesta visão é obtida pela transição para uma economia circular e autossustentável. Dessa forma, o fomento da biodiversidade, conservação dos ecossistemas e, ao mesmo tempo, acesso de forma sustentável aos serviços ecossistêmicos, prevenção da degradação do solo são os pilares para o componente econômico desta visão

(Bugge; Hansen; Klitkou, 2016). Além disso, a questão de bioresíduos são considerados apenas após exaustivos processos de reciclagem e reutilização.

Os drives de inovação da visão bioecológica são por meio do acesso a práticas orgânicas bioecológicas e as interações ecológicas que resultem em capacidade de reuso, reciclagem e eficiência produtiva da terra (Bugge; Hansen; Klitkou, 2016). Ademais, o fortalecimento da engenharia bioecológica como um meio possível para redução do uso de agrotóxicos e energia. Segundo os autores, o papel da pesquisa e desenvolvimento também é presente nesta visão, porém com um foco diferente dos anteriores, pois este prioriza pesquisas transdisciplinares relevantes além de optar por processos de cultivo de biomassa sustentável. Outro ponto relevante é o destaque para questão social e participação dos agentes na tomada de decisões para transição bioecológica, questão que é negligenciada pelas outras visões da bioeconomia (Bugge; Hansen; Klitkou, 2016).

Similar a bioeconomia de biorrecursos, a região rural possui grande relevância na abordagem espacial. Os autores defendem que produtos de alta qualidade com identidade regional são oportunidades valiosas para o sucesso da bioeconomia bioecológica. Ademais, a necessidade de cooperação entre e intrarregional é fundamental para uma bioeconomia sustentável.

4.3 A BIOECONOMIA NO DEBATE ATUAL SOBRE SUSTENTABILIDADE

Ao longo das últimas décadas, os efeitos da degradação ambiental se intensificaram e com base nos relatórios do IPCC (2021) se confirma a tendência de intensificação da deterioração dos ecossistemas, resultando em impactos globais, mas extremamente desiguais espacialmente. Nesse contexto, o conceito de fronteiras planetárias, proposto por Rockström et al. (2009) e Steffen et al (2015), visa identificar limites biofísicos fundamentais que controlam o ecossistema terrestre. Esse conceito é cunhado a partir da identificação de nove fronteiras planetárias e da interação entre elas, que incluem mudanças climáticas, perda de biodiversidade, fluxos de nitrogênio e fósforo, uso de água doce global, mudanças no uso do solo, acidificação dos oceanos, poluição do ar, camada de ozônio e carga atmosférica de aerossóis. Assim sendo, a identificação dessas fronteiras é um dos ferramentais possíveis para compreender e monitorar a dimensão da atividade humana no meio ambiental e seus impactos no planeta.

São conhecidas as críticas à teoria econômica dominante por negligenciar o impacto da atividade econômica sobre o meio ambiente e suas consequências para o planeta. Durante o período que compreende o início do século XIX até meados do século XX, houve avanço

significativo da industrialização, que trouxe os primeiros sinais de degradação ambiental nos grandes polos urbanos estadunidenses e europeus. O período é marcado pela primazia da lógica econômica sobre a questão ambiental, desde então, tem havido um ressurgimento da problemática ambiental no debate econômico. Por outro lado, conforme Georgescu-Roegen (1971; 1975) destaca a economia enquanto ciência foi fortemente influenciada pela física newtoniana e pela incorporação de aparatos matemáticos progressivamente mais sofisticados, sustentados pelos pressupostos da mecânica clássica. Dessa forma, outros aspectos que compunham o escopo da teoria econômica tiveram sua relevância reduzida ou totalmente retirados do escopo de estudo da economia enquanto ciência, especialmente a questão ambiental.

Como destacam Daly (1991) e Martinez-Alier (2015) a economia convencional tem ignorado as limitações físicas do planeta e concentra apenas em maximizar o crescimento econômico. Essa abordagem leva a exploração excessiva dos recursos naturais e exaurimento destes, o que gera impactos ambientais significativos. O crescimento econômico, nesse sentido, é frequentemente incompatível com qualquer tentativa de sustentabilidade ambiental. Dessa forma, de acordo com Georgescu-Roegen (1971), a economia precisa ser vista integrada de uma visão biofísica, e não isolada e autossuficiente, como prega a teoria economia dominante. Portanto, a questão ambiental é fundamental para a economia e não deve ser ignorada. É necessário integrar a questão ambiental ao debate econômico e adotar uma abordagem holística para a análise dos problemas ambientais e econômicos.

Conforme discutido na seção anterior, o campo da bioeconomia contemporânea é vasto e interdisciplinar, englobando uma diversidade de conceitos de variadas áreas do conhecimento científico.

4.4 AS ESTRATÉGIAS BIOECONÔMICAS

A dominância das duas visões de bioeconomia sendo elas a biotecnologia e de biorrecursos, tiveram como marco as seguintes publicações, primeiro ‘*The Bioeconomy to 2030—Designing a policy agenda*’ publicado pela OCDE em 2009, seguido pela ‘*Innovating for Sustainable Growth—A Bioeconomy for Europe*’ publicado pela Comissão Europeia em 2012. Ambos abriram caminho, a nível mundial, para difusão do conceito e reconhecimento institucional de programas e políticas públicas autodenominadas como bioeconômicas. Neste contexto, diversos países ao redor do mundo iniciaram o processo de adaptação da bioeconomia enquanto solução para lidar com os mais diversos problemas sociais, ambientais e principalmente econômicos. Conforme Priefer, Jörissen e Frör (2017) enquanto, por exemplo o

Canadá desenhava uma política afim de favorecer os setores madeiros para se aproveitando da abundância de recursos florestais, os países nórdicos se focavam nos ecossistemas marinhos e oceanos como formas de desenvolver tais setores como bioeconômico.

Dessa forma, diversos formuladores de políticas públicas se voltaram a bioeconomia como uma nova alternativa de promoção de crescimento e desenvolvimento econômico, sustentabilidade ambiental. Nesse contexto, a partir dos anos 2010 houve um crescimento de políticas bioeconômicas ao redor do mundo (Priefer, Jörissen e Frör, 2017).

Quando 08 - Estratégias de Bioeconomia selecionadas cronologicamente

País	Estratégia	Ano	Instituição
Países da OCDE	A bioeconomia até 2030 – Desenhando uma agenda política	2009	OCDE
União Europeia	Inovando para o crescimento sustentável – uma bioeconomia para a Europa	2012	Comissão Europeia
Países Baixos	Memorando - Framework sobre a Bioeconomia	2012	Gabinete Holandês
Suécia	Pesquisa e inovação sueca - estratégia para uma economia de base biológica	2012	Conselho sueco de pesquisa para meio ambiente, agricultura e planejamento
EUA	Projeto Nacional de Bioeconomia	2012	Casa Branca
Rússia	Programa Estadual de Coordenação para o Desenvolvimento da Biotecnologia na Federação Russa até 2020 “BIO 2020”	2012	BioTECH 2030
Malásia	Programa de Transformação da Bioeconomia — Enriquecendo a Nação, Garantindo o Futuro	2013	Biotechcorp
África do Sul	A Estratégia da Bio-economia	2013	Departament o de ciência e tecnologia
Alemanha	Estratégia Política Nacional de Bioeconomia	2014	Ministério de alimentos e agricultura
Finlândia	Crescimento sustentável a partir da bioeconomia — A Estratégia Finlandesa de Bioeconomia	2014	Ministério de emprego em cooperação com outros ministérios
Islândia	Oportunidades futuras para a bioeconomia nos países nórdicos ocidentais	2014	Matis
França	Uma Estratégia de Bioeconomia para a França	2016	Ministro de agricultura,

			agri-food e florestas
Argentina	Programa de fomento a bioeconomia	2017	Ministério de Agroindústria
Brasil	Programa Bioeconomia Brasil - Sociobiodiversidade	2019	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Fonte: Priefer, Jörissen e Frör, 2017, adaptado e tradução própria

As diferenças de matriz econômica, inserção no mercado internacional, dinâmicas sociais e os ecossistemas de cada país fazem que o foco das políticas bioeconômicas possuam significativa diferença entre os países. Entretanto, apesar da necessidade de adaptação a cada realidade dos países, existem pontos comuns de debate sobre o papel da sustentabilidade ambiental, os setores a serem privilegiados e a demanda por regionalização ou globalização das cadeias bioeconômicas.

4.2.4 As propostas de Bioeconomia na União Europeia

A bioeconomia europeia tem seu início no relatório da Comissão Europeia de 2012. Nesse contexto, dá-se grande importância para a problemática da biomassa como solução para transformar a matriz energética poluente e dependente que marca o continente europeu. Nesse sentido, as políticas foram desenhadas para desenvolver institucionalmente e tecnologicamente o uso de biomassa no continente ao mesmo tempo que protege e desenvolve os tradicionais setores rurais do continente (European Commission, 2012).

A definição de bioeconomia da comissão europeia influencia o desenvolvimento e formulação de políticas bioeconômicas a nível nacional dos seus países membros.

The bioeconomy encompasses the production of renewable biological resources and their conversion into food, feed, bio-based products and bioenergy. It includes agriculture, forestry, fisheries, food and pulp and paper production, as well as parts of chemical, biotechnological and energy industries. Its sectors have a strong innovation potential due to their use of a wide range of sciences (life sciences, agronomy, ecology, food science and social sciences), enabling and industrial technologies (biotechnology, nanotechnology, information and communication technologies (ICT), and engineering), and local and tacit knowledge (European Commission, 2012, p.18).

O uso de biomassa é visto como a alternativa para alcançar uma matriz energética menos poluente no continente como um todo. Dessa forma, o desenvolvimento de cadeias produtivas e o uso de tecnologias para aumentar a produção é visto como um passo necessário para alcançar tal objetivo (European Commission, 2012). A utilização dos setores químicos e biológicos no continente também são fundamentais para alcançar os objetivos da comissão europeia. Além

disso, o setor rural tem grande destaque visto a necessidade por parte dos governos nacionais em proteger e garantir a competitividade no mercado internacional desse setor (European Commission, 2012). Dessa forma, além da bioeconomia garantir um caminho para alcançar as metas de acordos internacionais do clima também é vista como uma nova fonte de crescimento e dinamismo econômico para as regiões rurais desses países.

Nos Países Baixos, a política bioeconomia está organizada a nível nacional. Além disso, é integralmente ligada ao desenvolvimento da produção de biomassa, aproveitando-se da posição favorável do país no mercado internacional, possuindo um setor agrícola extremamente tecnológico e de alto valor agregado (Langeveld; Meesters; Breure, 2016). Além disso, associando os setores químicos e da agricultura o país pretende desenvolver o uso de biomassa e biorefinarias como forma de promotores de crescimento econômico e diversificação da matriz energética (Ministry Of Economic Affairs And Climate Policy, 2018).

A França sendo o maior país da Europa Ocidental, possui uma estratégia bioeconômica fundamentada na utilização e transformação do seu setor agroindustrial buscando aumentar a produção de biomassas e o uso de tecnologia para criação de bioprodutos a partir da produção rural. Dessa forma, com uma política formulada a nível nacional, o país pretende promover a transição da matriz energética, fortalecer o mercado de produtos bioeconômicos, incentivar inovação na industrial de bioprodutos (Ministry Of Agriculture And Food, 2018). A bioeconomia desempenha um papel importante para alcançar as metas estabelecidas em acordos internacionais além de promover a diminuição da dependência da importação de matéria-prima (Ministry Of Agriculture And Food, 2018).

A estratégia bioeconômica da Alemanha, baseia-se na necessidade de fortalecer o seu setor industrial e alcançar os objetivos acordados na Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. A estratégia nacional Alemanha para bioeconomia compreende e reconhece a importância dos limites ecológicos (Federal Ministry Of Education And Research; Federal Ministry Of Food And Agriculture, 2020). Por outro lado, promove o uso da biotecnologia e conhecimento biológico como determinantes para estabelecer uma nova base de matérias-primas para sua base industrial. Assim, buscando alavancar a país ao protagonismo na inovação nos setores bioeconômicos por meio do aumento de empregos, inovação e receita dentro da economia alemã (Federal Ministry Of Education And Research; Federal Ministry Of Food And Agriculture, 2020). Somado a isso, junto a sociedade civil buscará estabelecer diálogo entre os fazedores de políticas públicas e a sociedade.

Quadro 09 - Estratégias bioeconômicas dos Países Baixos, França e Alemanha.

País	Objetivos Estratégicos
Países Baixos	<p>Adotar uma economia circular e trabalhar nos pontos de ação “biomassa e alimentos” na agenda de transição para a economia circular;</p> <p>Mobilizar biomassa sustentável e garantir que a biomassa sustentável seja disponibilizada mais facilmente;</p> <p>Preencher lacunas em inovação, incentivando pioneiros e tipos de colaboração que envolvam tanto o governo quanto o setor empresarial (parcerias público-privadas);</p> <p>Assegurar maior apoio à bioeconomia por meio de uma comunicação efetiva e escuta mais atenta aos anseios da sociedade;</p> <p>Desenvolva a demanda do mercado, incentivando a compra sustentável e desenvolvendo casos de negócios.</p>
França	<p>Garantir a segurança alimentar e padrões de vida sustentáveis para as gerações atuais e futuras, conservando os recursos naturais e as funções ecossistêmicas dos habitats;</p> <p>Ser eficiente, resiliente, circular e produtiva no longo prazo;</p> <p>Focar no público em geral e estar enraizado nas regiões locais, contribuindo para o desenvolvimento de cadeias de valor e de emprego;</p> <p>Oferecer soluções inovadoras que sejam eficazes, acessíveis e capazes de atender à diversidade das necessidades humana.</p>
Alemanha	<p>Desenvolver soluções de bioeconomia para a agenda da sustentabilidade;</p> <p>Reconhecer e aproveitar o potencial da bioeconomia dentro dos limites ecológicos;</p> <p>Aprimorar e aplicar o conhecimento biológico;</p>

	<p>Fornecer uma base de matéria-prima sustentável para a indústria;</p> <p>Promover a Alemanha como o principal local de inovação na bioeconomia;</p> <p>Envolver a sociedade na bioeconomia e intensificar a colaboração nacional e internacional</p>
--	--

Fonte: Comissão Europeia - Knowledge4Policy (2023). Elaboração própria.

4.2.5 As propostas de Bioeconomia nos EUA

A bioeconomia nos Estados Unidos é caracterizada pelo protagonismo da biotecnologia. Nesse sentido, o desenvolvimento de políticas nesse contexto visa combinar uma série de abordagens bioeconômicas com o objetivo de impulsionar especialmente o setor de saúde e tecnologia, por meio da associação desses setores com os avanços da biotecnologia, a fim de promover o desenvolvimento de novos produtos, medicamentos e tratamentos.

O projeto nacional de bioeconomia lançado em 2012 nos Estados Unidos é o fundamento da política bioeconômica do país. Nesse contexto, o projeto identifica três tecnologias-chave para serem desenvolvidas, visando serem as bases da bioeconomia norte-americana. Essas tecnologias são: engenharia genética, sequenciamento do DNA e aprimoramento da manipulação de biomoléculas para aumentar sua viabilidade (Staffas; Gustavsson; McCormick, 2013). O projeto nacional de bioeconomia estabelece cinco objetivos estratégicos, selecionados com base em seu potencial para gerar crescimento econômico e atender às necessidades sociais (The White House, 2012). Sendo os objetivos:

- Fomento a P&D relacionados a bioeconomia,
- Facilitar a introdução de ‘bioinvenções’ para o mercado
- Reduzir as barreiras para comercialização e inovação
- Cultivar uma força de trabalho bioeconômica que seja qualificada, diversificada e motivada.
- Promover a conscientização e o apoio do público à bioeconomia e seus possíveis benefícios.

Em 2022, o Conselho de Assessores do Presidente em Ciência e Tecnologia (PCAST) publicou o relatório intitulado "*Biomanufacturing to Advance the Bioeconomy*". Nesse documento, novos setores foram incorporados à estratégia bioeconômica do governo. Foram

identificados seis setores-chave para essa nova fase da política, que incluem: colheitas geneticamente modificadas, materiais industriais de base biológica, produtos biofarmacêuticos, produtos biotecnológicos para consumo, pesquisa e desenvolvimento em biotecnologia, e design de soluções de cuidados de saúde com base em dados biológicos (The White House, 2022). O relatório também apresenta uma série de recomendações, como a formulação de um plano de longo prazo (10 anos) para a bioeconomia, a inclusão do setor bioeconômico nas contas oficiais, o estabelecimento de métricas estatísticas para a bioeconomia, a criação de mecanismos de avaliação de bioprodutos e o aumento da produção de biomassa (The White House, 2022).

Nesse contexto, uma década após a publicação do primeiro documento oficial sobre bioeconomia pelo governo dos Estados Unidos, a biotecnologia continua desempenhando um papel de protagonismo. A articulação entre os setores farmacêutico, de saúde e tecnológico é especialmente crucial para o sucesso da estratégia bioeconômica estadunidense. No entanto, as questões ambientais parecem ser secundárias em relação à importância do crescimento econômico e à manutenção da hegemonia tecnológica nos setores biotecnológicos.

4.2.6 As propostas de Bioeconomia no Brasil

O Brasil tem desempenhado um papel central no âmbito do debate internacional sobre questões ambientais. Tal protagonismo decorre, em grande medida, da posição do país como detentor da maior extensão da floresta amazônica, bem como da notável biodiversidade presente em seus diversos ecossistemas. Além disso, a postura adotada pela política externa brasileira, em grande parte das últimas décadas, caracterizada por uma abordagem ativa em relação às necessidades de desenvolvimento dos países do sul global, tem conferido ao Brasil uma relevância significativa no debate de políticas ambientais e nos desdobramentos decorrentes do crescimento econômico.

Nesse contexto, ao longo do século XXI, têm sido implementadas diversas políticas de alcance nacional no Brasil, com o intuito de combater principalmente o desmatamento e a destruição dos ecossistemas. Tais atividades são os principais impulsionadores dos níveis de emissão de gases de efeito estufa no país. Dessa maneira, a criação do ‘Programa Bioeconomia Brasil – Sociobiodiversidade’ surge no contexto de uma nova estratégia de preservação ambiental, em consonância com o crescente interesse e reconhecimento da bioeconomia tanto em âmbito nacional quanto internacional. O referido programa concentra-se especialmente em

questões regionais, mapeamento das cadeias produtivas da bioeconomia e desenvolvimento da matriz energética.

O programa é estruturado em cinco eixos temáticos, sendo eles (Brasil, 2019):

1. Estruturação Produtiva das Cadeias do Extrativismo (Pró-Extrativismo): promover a estruturação de cadeias produtivas do extrativismo em todos os biomas brasileiros, com preponderância para a Amazônia, e contribuir para o desenvolvimento sustentável, a inclusão produtiva e a geração de renda;
2. Ervas Medicinais, Aromáticas, Condimentares, Azeites e Chás Especiais do Brasil: promover alianças produtivas tendo os setores de alimentos e saúde como promotores do desenvolvimento local articulado com políticas públicas visando ampliar o acesso aos mercados nacional e internacional;
3. Roteiros da Sociobiodiversidade: valorizar a diversidade biológica, social e cultural brasileira e apoiar a estruturação de arranjos produtivos e roteiros de integração em torno de produtos e atividades da sociobiodiversidade de forma a contribuir para a geração de renda e inclusão produtiva;
4. Potencialidades da Agrobiodiversidade Brasileira: promover a conservação da agrobiodiversidade por meio do reconhecimento de sistemas agrícolas tradicionais e fomento de ações para a conservação dinâmica destes sistemas com foco no uso sustentável de seus recursos naturais visando a geração de renda, agregação de valor e manutenção da diversidade genética de sementes e plantas cultivadas; e
5. Energias Renováveis para a Agricultura Familiar: promover a geração e aproveitamento econômico e produtivo das fontes de energias renováveis, em especial a solar fotovoltaica, tanto para autoconsumo quanto para geração distribuída, contribuindo para o desenvolvimento sustentável, geração de renda e inclusão produtiva no meio rural.

Em âmbito estadual, estão sendo concebidas várias estratégias com o intuito de compreender o potencial da bioeconomia. Nesse contexto, o estado do Pará destaca-se como pioneiro na implementação de políticas voltadas à bioeconomia. Inicialmente resultado do Plano Estadual Amazonia Agora de 2020, a Estratégia Estadual de Bioeconomia do Estado do Pará foi oficialmente lançada em 2022 durante a 27ª Conferência das Nações Unidas sobre as

Mudanças Climáticas no Egito (Sobral, 2022). A estratégia bioeconômica paraense busca articular-se com a necessidade de reduzir os impactos das mudanças climáticas e da destruição florestal na região. Ademais, reconhece a importância tanto das cadeias produtivas bioeconômicas quanto dos povos originários como elementos fundamentais para o êxito do programa (Pará, 2021).

Nesse contexto, a estratégia está organizada em três eixos norteadores e seis objetivos específicos, sendo eles:

Quadro 10 – Plano Estadual de Bioeconomia do Pará

Eixos Norteadores	Objetivos Específicos
Pesquisa, desenvolvimento e inovação	<p>Promover e aplicar o conhecimento científico e a pesquisa tecnológica para a valorização e produção de inovações, de forma inclusiva e com benefícios sociais, econômicos e ambientais integrados.</p> <p>Identificar e mapear o conhecimento sobre a bioeconomia paraense contido nas diversas instituições de pesquisa do estado, a fim de incentivar a pesquisa aplicada e transformá-la em novas tecnologias, capacitações e ferramentas capazes de garantir a melhoria da produção local.</p>
Patrimônio cultural e conhecimento genético	<p>Reconhecer as práticas tradicionais, protegê-las e valorizá-las, integrando à política de desenvolvimento socioeconômico de baixas emissões do estado do Pará, com salvaguardas socioambientais e garantias ao patrimônio genético associado ao conhecimento cultural e à biodiversidade.</p> <p>Garantir direitos das populações locais e oportunizar alternativas sustentáveis de desenvolvimento, capacitações e integridade socioambiental.</p>
Cadeias produtivas e negócios sustentáveis	<p>Valorizar os produtos da biodiversidade do território, de forma a agregar especificidades da região aos produtos locais, por meio de certificações, proteção de cultivares, identificação geográfica, entre outras estratégias.</p> <p>Investir no estabelecimento de ambientes de investimentos atrativos às cadeias</p>

	produtivas e aos novos negócios da sociobiodiversidade, fortalecendo e verticalizando a produção, com geração de desenvolvimento local, emprego e renda e distribuição dos benefícios de forma equitativa.
--	--

Fonte: Pará (2021)

4.5 BIOECONOMIA SUSTENTÁVEL: UMA CONTRADIÇÃO EM TERMOS?

O desenvolvimento de políticas públicas com abordagem bioeconômica levanta questões importantes sobre a preservação ambiental e a sustentabilidade. Assim sendo, é crucial compreender as diferentes visões promovidas por essas políticas para avaliar se estas representam uma nova ameaça à preservação ambiental ou se são, intrinsecamente, sustentáveis. A classificação das políticas bioeconômicas nas três visões de Bugge, Hansen e Klitkou (2016) nos permite compreender que as políticas relacionadas à biotecnologia e de biorrecursos são protagonistas nesse debate e na formulação de novas políticas. Ambas, em diferentes níveis, consideram o crescimento e o desenvolvimento econômico como essenciais para as políticas bioeconômicas. No entanto, a crença de que essas políticas são inerentemente vantajosas para todas as partes envolvidas podem levar os formuladores de políticas públicas a negligenciarem os possíveis aspectos negativos associados a elas.

Nesse contexto, Priefer, Jörissen e Frör (2017) destacam a existência de uma competição entre a produção rural voltada para a alimentação e a produção de biomassa destinada a ser utilizada como fonte de energia. Segundo os autores, essa competição surge devido à priorização da produção de biomassa em função da produção de alimento, o que levanta preocupações sobre a segurança alimentar. Na maioria dos países mencionados, a necessidade de garantir a segurança alimentar é priorizada em relação ao potencial energético da biomassa. Portanto, no contexto europeu, é improvável que a biomassa se torne a principal fonte de energia para o continente, como sustentado pela Comissão Europeia.

Por outro lado, nos Estados Unidos da América, o enfoque predominante da bioeconomia é como a facilitador do desenvolvimento de biotecnologias e seus derivados. Nesse contexto, pode acarretar perdas de biodiversidade, diminuição da resiliência a pragas e desencadear dilemas éticos relacionados à modificação genética de plantas e animais na sociedade civil. Além disso, torna-se evidente que a dimensão ambiental é relegada em uma visão de bioeconomia que prioriza exclusivamente o avanço tecnológico, visando promover o

crescimento econômico em novos setores da economia com poucas considerações sobre os aspectos ambientais do processo econômico.

O Brasil, assim como outros países que possuem uma rica biodiversidade, mas que ainda são economias emergentes, ocupa uma posição distinta em relação aos países europeus e norte-americanos no que diz respeito ao papel da bioeconomia no desenvolvimento econômico e social, levando em consideração também a necessidade de preservação ambiental. Nesse contexto, o papel desempenhado pela Amazônia na formulação de políticas bioeconômicas é crucial, não apenas para garantir o cumprimento de acordos internacionais relacionados ao clima e meio ambiente, mas também como regulador dos ecossistemas do Planeta, afetando para além das fronteiras nacionais. Ademais, é fundamental identificar e fortalecer as cadeias produtivas sustentáveis presentes na região e mitigar atividades que são incompatíveis com a região.

Portanto, além da necessidade de preservação da floresta, é fundamental promover o incentivo às cadeias produtivas que operam de maneira verdadeiramente sustentável na região. No entanto, existem pressões tanto políticas quanto econômicas que dificultam a implementação de tais arranjos institucionais e econômicos. Por um lado, há o protagonismo econômico e político do agronegócio, que conta com diversas vantagens econômicas para sua operação e apoio político por meio de arranjos institucionais que favorecem a expansão da fronteira agrícola da soja na região amazônica, resultando na destruição irreversível do bioma amazônico. Além disso, outros setores como de mineração e agropecuária também afetam negativamente o ecossistema de maneira semelhante e contam com grande apoio institucional dado o seu protagonismo econômico. Ao mesmo tempo que as cadeias produtivas sustentáveis presentes na região são constantemente marginalizadas ou menosprezadas, visto que são incompatíveis com os padrões de produção de escala agroindustrial.

Nesse sentido, é evidente que a bioeconomia não é, por si só, ambientalmente sustentável, mas pode ser uma alternativa importante para atenuar a tendência de destruição dos ecossistemas. As duas principais visões da bioeconomia que prevalecem no debate econômico, embora diferenciem-se em relação a seus enfoques, compartilham a priorização do crescimento econômico em detrimento da preservação ambiental. Portanto, é imperativo que os responsáveis pelas políticas públicas desenvolvam estratégias que considerem a questão ambiental como um elemento verdadeiramente essencial.

4.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse contexto, é crucial que as políticas bioeconômicas sejam orientadas por uma abordagem holística, que incorpore a sustentabilidade ambiental como um elemento central. Isso implica em considerar os impactos ambientais decorrentes das atividades bioeconômicas, bem como promover práticas e tecnologias que minimizem esses impactos e estimulem o uso responsável dos recursos naturais. Além disso, é necessário estabelecer mecanismos de governança eficazes, que garantam a implementação e o cumprimento de regulamentações ambientais, além de fomentar a participação de diferentes atores, como organizações não governamentais e comunidades locais, na tomada de decisões relacionadas à bioeconomia. Somente dessa forma será possível conciliar o desenvolvimento econômico com a preservação do meio ambiente, garantindo um futuro sustentável para as gerações presentes e futuras.

Dessa forma, as diversas estratégias bioeconômicas adotadas pelos países possuem características singulares e, notadamente, objetivos econômicos, sociais e ambientais distintos. No contexto europeu a bioeconomia é uma ferramenta para desenvolvimento e proteção do setor rural além de se articular com outros setores europeus como químico e tecnológico. Já para os EUA é uma ferramenta para desenvolver e garantir a liderança do desenvolvimento de biotecnologias e fortalecer o setor tecnológico, farmacêutico e químico do país. Por outro lado, no caso brasileiro é uma estratégia fundamental de redução do desmatamento, proteção da floresta amazônica e mapeamento das potencialidades da região. De qualquer forma, todas possuem características únicas relacionadas as singularidades políticas, econômicas, sociais e ambientais que se inserem.

Nesse sentido, a categorização, a contestação e o debate em torno das políticas bioeconômicas representam apenas uma das importantes estratégias adotadas na busca por uma alternativa genuína de desenvolvimento socioeconômico sustentável de baixo carbono. É necessário reconhecer a complexidade do tema e a multiplicidade de perspectivas envolvidas, a fim de garantir que as políticas adotadas no âmbito da bioeconomia considerem de maneira equilibrada os aspectos econômicos, sociais e ambientais.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A emergência da crise climática e suas consequências já são uma realidade global. A degradação alarmante do ecossistema global alcançou proporções sem precedentes, e os riscos de um ciclo de deterioração ambiental estão se aproximando rapidamente. Nesse contexto, é

indiscutível que a atividade humana desempenha um papel central na configuração desse cenário preocupante. Diante desse quadro, várias iniciativas estão sendo propostas para mitigar os impactos adversos das mudanças climáticas, e entre elas, a bioeconomia tem ganhado considerável destaque nos últimos anos.

A bioeconomia está interligada a diversos esforços para reduzir os danos ambientais, emergindo como um protagonista crucial em muitos países, inclusive o Brasil. No entanto, além de ser uma política em si, o desenvolvimento do pensamento bioeconômico é fundamentado em várias concepções, prioridades e objetivos. Essa multiplicidade frequentemente cria contradições que escondem o elemento central que deveria ser a ênfase ambiental. Nesse contexto, o papel da economia convencional é responsável por perpetuar o paradigma mecanicista, levando as políticas bioeconômicas a serem subordinadas aos axiomas e crenças que fundamentam a ortodoxia econômica. Esse alinhamento frequentemente resulta em políticas inadequadas para enfrentar a urgência das mudanças climáticas.

Ao retomar o conceito de "esquecimento da questão ambiental" abordado por Fuacheux e Noël (1995), focando no que se refere à análise de uma seleção de autores influentes no campo econômico, é possível compreender a continuação de uma tendência histórica do pensamento econômico e de como esta impacta na formulação de políticas bioeconômicas ao redor do mundo. A relevância de Georgescu-Roegen neste contexto se destaca, uma vez que desempenha um papel fundamental na recuperação e na ampliação das questões ambientais no pensamento econômico.

Ao considerar o pensamento de Nicholas Georgescu-Roegen, é possível vislumbrar uma abordagem bioeconômica inovadora que vai além da economia tradicional. Georgescu-Roegen introduz um pensamento holístico que reconhece a complexidade das atividades humanas e sua interação com os aspectos biológicos, químicos, geológicos e físicos do planeta. No entanto, a bioeconomia também assume outra dimensão - a das políticas públicas. Nos últimos anos, tentativas de integrar as dimensões econômicas e ambientais levaram à rotulação de setores como "bioeconômicos", com o objetivo de substituir ou reduzir os impactos de outros setores da economia no meio ambiente. O papel de grandes organizações, como a OCDE e a Comissão Europeia, têm desempenhado papéis importantes nesse processo.

Assim, a bioeconomia atualmente é pensada e operada em dois polos epistemológicos distintos. O primeiro no âmbito de "*economy*" buscando compreender as atividades econômicas de uma região elencando o potencial de atividades de baixo impacto ambiental, baixo carbono

e que sejam articuladas com outros setores da economia como agroindustrial, farmacêutico e tecnológico etc. Por outro pelo aspecto de “*economics*” que busca compreender a atividade econômica e seus impactos de forma totalizante, onde toda atividade econômica é, em essência, bioeconômica, com o intuito de transformar o paradigma econômico atual para um que supere as barreiras e dogmas do pensamento mecanicista, este alinhado com o debate proposto por Georgescu-Roegen e pela economia ecológica em suas diversas vertentes que buscam pela refundação teórica das ciências econômicas.

Diante dessa complexidade, a pesquisa buscou acessar ambas as dimensões da bioeconomia, que podem ser obscurecidas por questões linguísticas e conceituais. Ao compreender a bioeconomia em sua totalidade, apesar dos desafios dada a dificuldade teórica, a pesquisa se esforça para entender como ela se relaciona com a busca por respostas frente à degradação ambiental e suas implicações para a humanidade. Embora o recente destaque da bioeconomia no debate sobre sustentabilidade seja compreensível, há o risco de validar o conceito de bioeconomia como viabilizador de práticas não sustentáveis ambientalmente.

A proposta bioeconômica de Georgescu-Roegen foi amplamente ignorada pela corrente dominante da economia em sua época, e a recente popularidade não necessariamente implica a incorporação das teorias do economista romeno à economia tradicional. Na verdade, a atual popularidade muitas vezes é moldada por abordagens teóricas inspiradas pelo neoliberalismo e pela economia ambiental, gerando divergências entre diferentes concepções de bioeconomia.

Dessa forma, pode-se compreender que os recentes esforços para popularizar a bioeconomia enquanto política pública, promovidos por grandes entidades, estão fundamentados na ortodoxia econômica e na lógica de exploração e criação de novos mercados. Esses esforços visam possibilitar perspectivas de crescimento econômico, priorizando a atividade econômica em detrimento de considerações ambientais.

Assim, ao realizar um balanço da trajetória propostas nos três artigos é possível afirmar que a produção teórica de Georgescu-Roegen não é a principal orientadora do pensamento bioeconômico contemporâneo, podemos afirmar que a natureza multidisciplinar da bioeconomia, aliada às dimensões de “*economics*” e “*economy*”, e ao protagonismo da economia neoclássica, contribui para que as visões que defendem a aplicação da bioeconomia como objeto de políticas públicas tenham maior respaldo institucional. Em contrapartida, as visões que se opõem ao pensamento econômico tradicional enfrentam dificuldades de viabilidade e aplicação. No entanto, observa-se a existência de um esforço para incorporar na

bioeconomia contemporânea aspectos de sustentabilidade ambiental e justiça social em seu núcleo.

Portanto, este trabalho buscou contribuir para o necessário debate sobre a bioeconomia, explorando a diversidade teórica que a envolve e classificando as diferentes noções. Reconhecendo suas limitações, esta pesquisa destaca a importância de futuros estudos sobre o assunto, especialmente dado o crescente interesse na área e o surgimento de políticas públicas explicitamente denominadas como bioeconômicas nos últimos anos.

REFERÊNCIAS

American Dictionary. **Economics**. Disponível em: <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/economics>. Acesso em: 29 ago. 2024.

American Dictionary. **Economy**. Disponível em: <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/economy>. Acesso em: 29 ago. 2024.

BONAIUTI, Mauro. **From bioeconomics to degrowth**. London: Routledge, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Gabinete da Ministra. Portaria Nº 121, de 18 de junho de 2019. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 19 jun. 2019, Edição 117, Seção 1, p. 4.

BUGGE, Markus M.; HANSEN, Teis; KLITKOU, Antje. What is the bioeconomy? A review of the literature. **Sustainability**, v. 8, n. 7, p. 691, 2016.

CAVALCANTI, Clóvis. Concepções da economia ecológica: suas relações com a economia dominante e a economia ambiental. **Estudos avançados**, v. 24, p. 53-67, 2010.

CECHIN, Andrei Domingues; VEIGA, José Eli da. A economia ecológica e evolucionária de Georgescu-Roegen. **Brazilian Journal of Political Economy**, v. 30, p. 438-454, 2010a.

CECHIN, Andrei. A natureza como limite da economia: a contribuição de Georgescu-Roegen. **São Paulo: Senac**, 2010.

CECHIN, Andrei; VEIGA, JE da. O fundamento central da economia ecológica. **Economia do meio ambiente: teoria e prática**, v. 2, p. 33-48, 2010b.

CHRISTENSEN, Paul P. Historical roots for ecological economics — Biophysical versus allocative approaches. **Ecological Economics**, v. 1, n. 1, p. 17–36, 1989.

CLEVELAND, Cutler J. Biophysical economics: from physiocracy to ecological economics and industrial ecology. In: **Bioeconomics and sustainability**. Edward Elgar Publishing, 1999. p. 125-154.

CORAZZA, Gentil. O "ESTADO ESTACIONÁRIO" NA ECONOMIA CLÁSSICA. **Análise Econômica**, v. 9, n. 15, 1991.

COUIX, Quentin. Georgescu-Roegen's flow-fund theory of production in retrospect. **Ecological Economics**, v. 176, p. 106749, 2020.

CZECH, Brian. The neoclassical production function as a relic of anti-George politics: Implications for ecological economics. **Ecological Economics**, v. 68, n. 8–9, p. 2193–2197, 2009.

DALE, Gareth. Rule of nature or rule of capital? Physiocracy, ecological economics, and ideology. **Globalizations**, v. 18, n. 7, p. 1230-1247, 2021.

DALY, Herman E. On Nicholas Georgescu-Roegen's contributions to economics: an obituary essay. **Ecological Economics**, v. 13, n. 3, p. 149-154, 1995.

DALY, Herman E. **Ecological economics and sustainable development**. Edward Elgar Publishing, 2007.

DALY, Herman E. **Steady-state economics: with new essays**. Island press, 1991.

DALY, Herman E.; FARLEY, Joshua. **Ecological economics: principles and applications**. Island press, 2011.

DEANE, Phyllis. **A evolução das idéias econômicas**. Zahar, 1980.

EUROPEAN COMMISSION. DIRECTORATE GENERAL FOR RESEARCH AND INNOVATION. Innovating for sustainable growth: a bioeconomy for Europe. LU: **Publications Office**, 2012. DOI 10.2777/6462. Disponível em: <<https://data.europa.eu/doi/10.2777/6462>> Acesso em: 27 jun. 2023.

FAUCHEUX, S.; NOËL, J.-F. **Economia dos recursos naturais e do meio ambiente**. Lisboa: Instituto Piaget 1995., 1995. (Economia e Política, 32).

FEDERAL MINISTRY OF EDUCATION AND RESEARCH; FEDERAL MINISTRY OF FOOD AND AGRICULTURE (EDS.). **Bioeconomy and renewable resources - national bioeconomy strategy**. Disponível em: <[FIORITO, Luca; SAGNELLI, Michele. Mill, John Stuart Mill and the Stationary State: When does progress cease?, 2014](https://www.bmel.de/EN/topics/farming/bioeconomy-renewable-resources/national-bioeconomy-strategy.html#:~:text=Bioeconomy%20is%20considered%20as%20one,sustainable%20and%20bio%2Dbased%20economy.>>. Acesso em: 27 jun. 2023.</p></div><div data-bbox=)

GAWEL, Erik; PANNICKE, Nadine; HAGEMANN, Nina. A path transition towards a bioeconomy—The crucial role of sustainability. **Sustainability**, v. 11, n. 11, p. 3005, 2019.

GEORGESCU-ROEGEN, Nicholas. Energy and economic myths. **Southern economic journal**, p. 347-381, 1975.

GEORGESCU-ROEGEN, Nicholas. The steady state and ecological salvation: a thermodynamic analysis. **BioScience**, v. 27, n. 4, p. 266-270, 1977.

GEORGESCU-ROEGEN, Nicholas. What thermodynamics and biology can teach economists. **Atlantic Economic Journal**, v. 5, p. 13-21, 1977.

GEORGESCU-ROEGEN, Nicholas. **Analytical economics: issues and problems**. Harvard University Press, 1966.

GEORGESCU-ROEGEN, Nicholas. **The entropy law and the economic process**. Harvard university press, 1971.

GEORGESCU-ROEGEN, Nicholas. The entropy law and the economic process in retrospect. **Eastern Economic Journal**, v. 12, n. 1, p. 3-25, 1986.

GIAMPIETRO, Mario; MAYUMI, Kozo; SORMAN, Alevgül H. **The metabolic pattern of societies: where economists fall short**. Routledge, 2011.

GROENEWEGEN, Peter. English Marginalism: Jevons, Marshall, and Pigou. **A Companion to the History of Economic Thought**, p. 246-261, 2003.

HORWITZ, Steven. The Austrian Marginalists: Menger, Böhm-Bawerk, and Wieser. **A companion to the history of economic thought**, p. 262-277, 2003.

HUBACEK, Klaus; VAN DEN BERGH, Jeroen C.J.M. Changing concepts of 'land' in economic theory: From single to multi-disciplinary approaches. **Ecological Economics**, v. 56, n. 1, p. 5–27, 2006.

KNOWLEDGE4POLICY (ED.). **The bioeconomy in different countries**. Disponível em: <https://knowledge4policy.ec.europa.eu/visualisation/bioeconomy-different-countries_en>. Acesso em: 27 jun. 2023.

LANGVELD, J. W. A.; MEESTERS, K. P. H.; BREURE, M. S. The bio-based economy and the bioeconomy in the Netherlands. **Biomass Research: Wageningen, The Netherlands**, v. 59015257, 2016.

LAW, Jonathan; RENNIE, Richard (Ed.). **A dictionary of physics**. OUP Oxford, 2015.

LEVALLOIS, Clément. Can de-growth be considered a policy option? A historical note on Nicholas Georgescu-Roegen and the Club of Rome. **Ecological economics**, v. 69, n. 11, p. 2271-2278, 2010.

MARTÍNEZ-ALIER, Joan. Economia ecológica. *International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences*, v. 22, 2015

MARTINEZ-ALIER, Joan; MURADIAN, Roldan (Ed.). **Handbook of ecological economics**. Edward Elgar Publishing, 2015.

MAYUMI, Kozo et al. **The origins of ecological economics: the bioeconomics of Georgescu-Roegen**. London: Routledge, 2001.

MAYUMI, Kozo. Nicholas Georgescu-Roegen: His Bioeconomics Approach to Development and Change. **Development and Change**, v. 40, n. 6, p. 1235-1254, 2009.

MINISTRY OF AGRICULTURE AND FOOD. "A Bioeconomy Strategy for France: 2018-2020 Action Plan." **Ministère de l'Agriculture et de La Souveraineté Alimentaire**, 2018. Disponível em: <agriculture.gouv.fr/bioeconomy-strategy-france-2018-2020-action-plan>.

MINISTRY OF ECONOMIC AFFAIRS AND CLIMATE POLICY. *The Position of the Bioeconomy in the Netherlands*. 2018.

MISSEMER, Antoine. Nicholas Georgescu-Roegen and degrowth. **The European Journal of the History of Economic Thought**, v. 24, n. 3, p. 493-506, 2017.

MUELLER, Charles C. **Os economistas e as relações entre o sistema econômico eo meio ambiente**. Editora UnB, 2012.

PARÁ. Decreto N° 1.943, **Diário Oficial do Estado do Pará**, N° 34.744, Belém, 22 de outubro de 2021.

PERRINGS, Charles. Economy and environment. **Cambridge Books**, 1987.

PRIEFER, Carmen; JÖRISSSEN, Juliane; FRÖR, Oliver. Pathways to shape the bioeconomy. **Resources**, v. 6, n. 1, p. 10, 2017.

ROCKSTRÖM, Johan et al. Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. **Ecology and society**, v. 14, n. 2, 2009.

SANDMO, Agnar. The early history of environmental economics. **Review of Environmental Economics and Policy**, 2015.

SOBRAL, A. Cop 27: **Helder Barbalho Lança plano de bioeconomia do Pará**. Disponível em <https://g1.globo.com/pa/para/noticia/2022/11/16/cop-27-helder-barbalho-lanca-plano-de-bioeconomia-do-para.ghtml>; Acesso em: 27 jun. 2023.

STEFFEN, Will et al. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. **Science**, v. 347, n. 6223, p. 1259855, 2015.

TEI, Yuichi; CHUNG, Ung-II; SĂVOIU, Gheorghe. From bioeconomics to bioeconopysis in the context of (bio) diversity and modern morality. **Amfiteatru Economic**, v. 20, n. 49, p. 754-770, 2018.

THE WHITE HOUSE, The White. National bioeconomy blueprint, April 2012. **Industrial Biotechnology**, v. 8, n. 3, p. 97-102, 2012.

THE WHITE HOUSE. **PCAST releases report on strengthening biomanufacturing to advance the bioeconomy**. Disponível em: <<https://www.whitehouse.gov/pcast/briefing-room/2022/12/08/pcast-releases-report-on-strengthening-biomanufacturing-to-advance-the-bioeconomy/>>. Acesso em: 27 jun. 2023.

TILICA, Elena. Bioeconomy and bioeconomics: Are they the same thing?. **International Journal of Innovative Technologies in Economy**, n. 1 (33), 2021.

TEIXEIRA, J. O Modelo de von Neumann ea fascinação com a teoria do crescimento equilibrado. **Revista de Economia Contemporânea**, v. 4, n. 2, p. 65-83, 2000.

VARGAS, Thiago. Das leis da natureza à ordem econômica: direito natural e fisiocracia. **Discurso**, v. 49, n. 2, p. 121-136, 2019.

VEIGA, José Eli da. Indicadores de sustentabilidade. **Estudos avançados**, v. 24, p. 39-52, 2010.

VIVIEN, F.-D. et al. The hijacking of the bioeconomy. **Ecological economics**, v. 159, p. 189-197, 2019.

ZAWOJSKA, Aldona; SIUDEK, Tomasz. BIOECONOMICS AS AN INTERDISCIPLINARY SCIENCE. In: **Economic Science for Rural Development Conference Proceedings**. 2016.