

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE ECONOMIA E RELAÇÕES INTERNACIONAIS

MATHEUS SUZUKI DOS SANTOS

CAPITALISMO E MEIO AMBIENTE:

Colapso ou conciliação?

UBERLÂNDIA

2019

MATHEUS SUZUKI DOS SANTOS

CAPITALISMO E MEIO AMBIENTE:

Colapso ou conciliação?

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto de Economia e Relações Internacionais da Universidade Federal de Uberlândia como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Relações Internacionais.

Orientador: Prof. Daniel Caixeta Andrade

UBERLÂNDIA

2019

MATHEUS SUZUKI DOS SANTOS

CAPITALISMO E MEIO AMBIENTE:

Colapso ou conciliação?

Monografia apresentada ao Instituto de Economia e Relações Internacionais da Universidade Federal de Uberlândia como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Relações Internacionais, sob orientação do Prof. Daniel Caixeta Andrade.

Uberlândia, 17 de dezembro de 2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Daniel Caixeta Andrade
(IERI-UFU)

Profa. Débora Figueiredo Mendonça do Prado
(IERI-UFU)

Profa. Lara Martim Rodrigues Selis
(IERI-UFU)

AGRADECIMENTOS

A finalidade deste trabalho significa mais do que uma realização pessoal ou profissional. Encerra-se neste momento talvez a época de maior riqueza de minha vida. Não só me tornei mais maduro ou responsável, mas aprendi valores únicos que mudaram significativamente a minha vida. A possibilidade de concluir um curso que enriqueceu tanto a minha vida representa o momento mais gratificante que já tive ao longo dos meus vinte e cinco anos de idade.

Agradeço aos meus pais pelo apoio de sempre (emocional, material, financeiro e tantos outros). Agradeço aos meus professores, em especial ao meu orientador deste trabalho, e aos meus colegas e amigos.

Um ciclo se encerra para que novos se iniciem e pretendo cumprir com os deveres que me forem atribuídos. Um último agradecimento se faz necessário à Universidade Federal de Uberlândia. A oportunidade de acesso ao ensino superior gratuito e de qualidade me proporcionou momentos com toda certeza inesquecíveis. Muito obrigado por me proporcionar uma realização tão incrível quanto a que estou vivendo nesse momento.

RESUMO

O objetivo deste trabalho é buscar a melhor alternativa dentro das ciências econômicas para entender a disjuntiva meio-ambiente e capitalismo. A possibilidade de um desenvolvimento sustentável pode ser entendida a partir de duas correntes econômicas principais: a economia neoclássica ambiental (entendida como otimista tecnológica) e a economia ecológica (com posicionamento pessimista ou cético). Partindo de revisão bibliográfica, este trabalho apresenta argumentos para fundamentar a conclusão de que a sociedade capitalista necessita de uma correção de rota a fim de respeitar os limites ecossistêmicos do planeta Terra, entendendo-se que uma visão econômico-ecológica – ou visão biofísica da economia – é necessária para se enfrentar os desafios ambientais contemporâneos.

PALAVRAS-CHAVE: Economia Ecológica, Economia Ambiental Neoclássica, Indústria 4.0, Eco-Inovação, Efeito Rebote, Combustíveis fósseis, Lixo, Sustentabilidade.

ABSTRACT

The aim of this paper is to seek the best argument within the economics to understand the disjunctive between environment and capitalism. The possibility of sustainable development can be understood from two main economics streams: environmental economics (understood as technological optimist) and ecological economics (with a pessimistic or skeptical position). Starting from a literature review, this paper presents arguments to support the conclusion that capitalist society needs a route correction in order to respect the planetary ecosystem boundaries, understanding that an economic-ecological view - or biophysical view of the economy. - is necessary to face contemporary ecological challenges.

KEYWORDS: Environmental Economics, Ecological Economics, Industry 4.0, Eco-Innovation, Rebound Effect, Fossil Fuels, Waste, Sustainability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Escala Geológica Temporal da Terra.....	12
Figura 2 – As quatro fases da Revolução Industrial.....	25
Figura 3 – Ilustração do “Efeito Rebote” para produtores.....	34
Figura 4 – Ilustração do “Efeito Rebote” para consumidores.....	35
Gráfico 1 – Produção Mundial de Carvão em gigatoneladas (Gt) entre 2003 e 2013.....	45
Figura 5 – Previsão para o futuro da geração de energia elétrica no Brasil.....	48
Figura 6 – A Pirâmide dos recursos: Custos crescentes e Retornos decrescentes.....	56

LISTA DE TABELAS

Quadro 1: Diferenças de enfoque entre a economia ecológica e a economia ambiental neoclássica	20
Quadro 2: Linha do Tempo esperada para Indústria 4.0.....	27
Quadro 3: As seis ondas de inovação e as tecnologias desenvolvidas.....	30
Tabela 1: Relação entre produção e reciclagem do plástico entre os onze países que mais o produzem.....	51
Tabela 2: Total de lixo plástico produzido e não reciclado pelos onze maiores consumidores no mundo.....	52
Quadro 4: As possíveis saídas.....	53

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	10
CAPÍTULO 1 – Meio Ambiente, Antropoceno e Teoria Econômica.....	12
1.1. Brevíssima História Geológica da Terra.....	12
1.2. A civilização industrial: um novo impulso da escala humana.....	13
1.3. A teoria econômica e o meio ambiente.....	16
1.4. Notas conclusivas.....	22
CAPÍTULO 2 – A Visão Otimista: Uma Nova “Revolução” Industrial no século XXI....	23
2.1. O progresso tecnológico e a Indústria 4.0.....	23
2.2. A nova onda de inovações e as eco-inovações.....	29
2.3. Por outro lado, o “Efeito Rebote”.....	32
2.4. Notas conclusivas.....	35
CAPÍTULO 3 – O Pessimismo da Razão: Motivos para questionar a sustentabilidade no	
Capitalismo.....	37
3.1. Resumo da problemática ecológica global.....	37
3.2. A exploração, a produção e o consumo de petróleo e derivados.....	40
3.3. A regressão ao carvão.....	44
3.4. A produção de lixo.....	48
3.5. Razões para ceticismo ou pessimismo.....	52
3.6. Notas conclusivas.....	56
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	58
REFERÊNCIAS.....	60

INTRODUÇÃO

A economia mundial se desenvolve atualmente em níveis jamais presenciados na história do planeta. O desenvolvimento econômico suscita uma discussão que está em pauta desde o século passado, mas que se intensificou nos últimos anos devido à ampliação de problemas ambientais, como a poluição dos oceanos, o aumento de queimadas e a finitude de matrizes energéticas a base de combustíveis fósseis.

O presente trabalho tem por objetivo empreender uma discussão teórico-econômica sobre visões de futuro que se apresentam à espécie humana num contexto de provável colapso socioambiental. De um lado, existem aqueles portadores de um futuro otimista, que seria resultado da engenhosidade humana e de sua capacidade inalienável de se adaptar ao meio. Um bom exemplo seriam as eco-inovações, as quais podem ser entendidas como políticas públicas de sustentabilidade, utilização de recursos renováveis ou ainda revoluções tecnológicas que minimizem os impactos ambientais (controle de emissão de poluentes e redução na produção de resíduos) (RENNINGS, 2000).

De outro lado, estão aqueles que, baseados em dados concretos sobre impactos ambientais, portam-se como céticos ou pessimistas com relação à possibilidade de sobrevivência humana em função das consequências potencialmente catastróficas advindas de um iminente colapso socioambiental. Como exemplo, citam-se os agravamentos na questão climática, que passa recentemente a ser conhecida como “emergência climática” e o problema dos resíduos sólidos.

Utilizando-se de revisão bibliográfica, o trabalho busca percorrer um caminho de argumentação para essa monografia. Nela, serão apresentadas no primeiro capítulo as principais vertentes da economia voltadas para a temática ambiental ou ecológica. A opção de recorrer à teoria econômica se justifica por dois motivos: i) a dinâmica do sistema econômico, em particular um sistema econômico fundamentado na lógica capitalista, é o principal vetor de agressões ao meio ambiente. Logo, é fundamental conhecer como a teoria econômica considera o meio ambiente; ii) na teoria econômica também é possível indicar posições otimistas e pessimistas em relação ao futuro. As primeiras estão associadas frequentemente a posições ortodoxas (economia neoclássica), enquanto que as segundas vias de regra são comungadas por vertentes heterodoxas (economia ecológica).

Do seu lado, a economia neoclássica pode ser entendida como a que analisa os impactos das inovações ambientais para que o capitalismo se torne sustentável. Isto é, a economia ambiental neoclássica centra sua análise em economias industriais modernas e em

como “solucionar” o problema ambiental. Por seu turno, na economia ecológica existem indícios de que a atual trajetória do sistema capitalista é incompatível com a resiliência dos ecossistemas, o que requereria o estabelecimento de um novo modelo econômico (com foco realmente sustentável e sem um viés que oriente para valoração monetária da natureza) capaz de romper com a trajetória rumo a um colapso ecológico iminente em nível global (ANDRADE, 2008).

Em seguida, no segundo capítulo, serão apresentados os principais conceitos que envolvem a quarta fase da Revolução Industrial, conhecida atualmente como Indústria 4.0. Este capítulo cumpre o objetivo de apresentar a vertente otimista, que assume que o progresso tecnológico poderá ser a solução permanente dos problemas ambientais. As inovações desenvolvidas a partir de tecnologias verdes buscam ampliar o escopo da sustentabilidade em nível global. Em síntese, a principal questão para a problemática apresentada consiste em que medida as novas tecnologias têm contribuído (positiva ou negativamente) para o agravamento dos impactos ambientais ao longo dos últimos anos.

Além disso, será apresentado o que é conceitualmente conhecido como *Rebound Effect*, ou seja, o efeito rebote de produção e consumo, devido as facilidades e “eficiência” trazidas pelo desenvolvimento de novas tecnologias. Em suma, a discussão pretende identificar até que ponto os efeitos positivos (aparentes) das eco-inovações são realmente efetivos ou os efeitos de repercussão causados pela maior eficiência tecnológica tornam-se catalisadores de problemas ecológicos.

Por fim, o terceiro capítulo apresenta argumentos pessimistas sobre a insustentabilidade global, apresentando informações sobre dois grandes desafios ambientais contemporâneos: a questão da emergência climática e a associada utilização de combustíveis fósseis e o descarte de resíduos sólidos no meio ambiente. Além disso, serão apresentados argumentos que embasam a tese de que o capitalismo não pode se tornar sustentável.

CAPÍTULO 1: MEIO AMBIENTE, ANTROPOCENO E TEORIA ECONÔMICA

1.1. Brevíssima História Geológica da Terra

A vida no planeta Terra pode ser entendida a partir da análise das Eras Geológicas que o planeta vivenciou. Algumas análises sobre o Aquecimento Global, muitas vezes, se fundamentam nas glaciações (ou Eras do Gelo) que aconteceram há milhões de anos, como argumento para refutar a existência dele. Contudo, este não é o objetivo desse trabalho, a análise dos períodos geológicos terrestres suprirá a necessidade de se discutir a extinção da vida no planeta.

Entre as Eras Geológicas, tem-se o principal destaque para as três últimas (Paleozoica, Mesozoica e Cenozoica). Para facilitar o entendimento dos períodos vivenciados no planeta, apresenta-se o quadro da Figura 1, com maior detalhamento não somente às Eras, mas com o aprofundamento delas em Períodos e Épocas.

FIGURA 1: Escala Geológica Temporal da Terra

Eon	Era	Período	Época	Início do Intervalo Temporal (Ma)
Pré-Câmbrico	Hadeano	-	-	4600
	Archeano	-	-	3800
	Proterozóico	-	-	2500
Phanerozóico	Paleozóico	Câmbrico	-	545
		Ordovício	-	495
		Silúrico	-	443
		Devoniano	-	417
		Carbonífero	Mississipiano	354
			Pensilvânio	323
	Mesozóico	Permiano	-	290
		Triássico	-	248
		Jurássico	-	206
		Cretácico	Inferior	142
			Superior	85
	Cenozóico	Terciário	Paleoceno	65
			Eoceno	55
			Oligoceno	34
			Mioceno	24
			Plioceno	5
			Pleistoceno	1.8
				0.01

Fonte: PALMER, 1999; apud BARREIROS, 2012.

O planeta vivenciou alguns períodos de destaque para extinção de determinadas espécies. Ao final do período Paleozoico e início do Mesozoico, a primeira grande extinção

pode ser temporalizada, com cerca de 92% de mortes de espécies do planeta. Já no Triássico/Jurássico (Era Mesozoica), acredita-se que houve a segunda grande extinção do planeta, cerca de 45% das espécies vivas naquele momento. Depois, destaca-se uma colisão de um corpo celeste com o planeta, há cerca de 65 milhões de anos, extinguindo-se 42% das espécies vivas (época que remete aos dinossauros). Por fim, ao final do Eoceno, assistiu-se “a um novo episódio de extinção em massa, provavelmente originado pelo desaparecimento do Mar de Thethys com a consequente [...] alteração climática global, nomeadamente pela expansão de zonas áridas e pelo início da formação das calotas polares” (BARREIROS, 2012, adaptado ao português brasileiro pelo autor).

A história da vida humana é mais recente. As teorias de evolução trazem que existiram ao menos duas espécies que antecederam os *Homo Sapiens Sapiens* (entendidos como os atuais seres humanos), denominadas *Homo Erectus* e *Homo Sapiens* (MEYER, 1992). É possível ainda destacar um organismo que se assemelha muito ao *Homo Sapiens Sapiens* e que habitava o planeta de cerca de 230 mil anos até aproximadamente 30 mil anos atrás denominados *Homo Sapiens Neandethalensis*, ou neandertais (FREDERICO, 1999). A simples análise dos períodos mostrados na Figura 1 permite concluir que a extinção dos neandertais do planeta aconteceu em um período bastante recente da história do planeta.

Essas informações são fundamentais para uma afirmação possível lógica: os seres humanos entrarão em um processo de extinção, assim como outras espécies vivenciaram em momentos do passado. Tomando a extinção dos seres humanos como uma consequência lógica da vida no planeta, seria possível postergar a vida humana na Terra?

1.2. A civilização industrial: um novo impulso da escala humana

Apesar de os períodos geológicos do planeta serem divididos até o último da Era Cenozoica, ou Holoceno, alguns estudiosos se apropriaram desse conceito para formularem marcos temporais para as atuais mudanças climáticas. Como o horizonte temporal geológico é amplo, novos marcos foram instituídos para classificar as mudanças ambientais mais recentes. O primeiro conceito de maior destaque é o de Antropoceno, ou seja, “a época de dominação humana sobre a Terra” (MOORE, 2016 apud BARCELOS, 2019, p. 3).

Barcelos (2019) define morfologicamente *Anthopos* como “filho do homem” e *ceno* como “novo” ou com a ideia de “ruptura” para explicar que a noção do antropoceno é fundamental para analisar uma possível crise ecológica vindoura. Barcelos cita ainda Carvalho (2015) para mostrar a proposta de Paul Josef Crutzen, ganhador do Prêmio Nobel de Química

(1995) e considerado o primeiro autor a propor a transição para o novo período geológico do Antropoceno:

A proposta de Crutzen pode ser resumida na premissa de que a humanidade é agora uma força geológica, ou seja, que o impacto da atividade e da história humanas adquiriram uma equivalência causal à da meteorização, da erosão e das movimentações tectônicas. O argumento sustenta que a esfera de ação humana que se constituiu a partir da utilização industrial de combustíveis fósseis deu azo a uma antropização do planeta tão significativa, que a alteração dos indicadores geológicos e atmosféricos exige uma nova periodização. Esta nova era geológica servirá de enquadramento teórico, e de a priori histórico, a uma série de medidas que visam pensar e instituir uma governação para a era”. [...] Para Crutzen, os processos em curso irão pôr fim à estabilidade climática do Holoceno, o período geológico que serve de cenário à emergência de culturas humanas estáveis, ambientadas nas amplitudes térmicas regulares e nos ecossistemas sustentáveis que permitiram a agricultura. Num artigo de 2007, “*The Anthropocene: Are Humans Now Overwhelming the Great Forces of Nature*”, assinado em conjunto com John R. McNeill e Crutzen, Will Steffen, engenheiro químico australiano, esboça uma história faseada do Antropoceno cujo fio condutor são os valores de concentração atmosférica de dióxido de carbono, que passam de 270-275 partes por milhão (ppm), na era pré-industrial, para 380 ppm, em 2005” (CARVALHO, 2015, p. 3-4 apud BARCELOS, 2019, p.4).

A nova periodização pós-holocênica justifica-se por não haver condições ideais para a sobrevivência humana na Terra. O antropoceno é entendido, dessa forma, como o marco histórico do fim da estabilidade climática, em que se destacam as modernizações técnicas, a ampliação das escalas de produção e a mudança de paradigma dos recursos no planeta (a transformação de matérias-primas). Dessa forma, a sociedade passa por um processo de intensificação de uso energético, rompendo uma tendência histórica de dependência da energia solar e passando para um estágio de “sociedade de alta energia” (BARCELOS, 2019, p.3).

O Antropoceno começa a ter destaque no período posterior a Primeira Revolução Industrial, mas apresenta como “ponto de bifurcação” o ano de 1950. A partir desse ponto, os impactos ambientais das atividades humanas atingiram níveis recordes e as variações de sistemas (oceanos, atmosfera, entre outros) apresentaram tendências crescentes exponenciais (BARCELOS, 2019, p.4).

Além disso, pontua Barcelos (2019), o Antropoceno centraliza a figura do humano para diferenciá-lo dos demais seres, sendo-lhe empregado o direito sobre a natureza e “cabendo-lhe uma posição superior e anterior ao mundo”. A centralidade na satisfação do bem-estar dos

seres humanos, apesar de muitas vezes parecer abstrata, é perfeitamente aplicável para explicar muitos dos problemas ambientais da atualidade.

Barcelos (2019) questiona se de fato o que se vivencia na atualidade seria mais próximo do homem como dominador do planeta ou da dominância pelo capital. Barcelos cita então o termo Capitaloceno, visto que a crise ecológica observada no planeta não se deve meramente às satisfações humanas como final máximo da economia, mas sim, à ganância exacerbada dos seres humanos na “era do Capital” e por não existir (aparentemente) uma alternativa possível para a problemática global.

Os argumentos do Capitaloceno, no entanto, não podem ser explicados pela atuação do capital ou do poder sobre a natureza. Moore (2013) é citado por Barcelos (2019) para mostrar que o Capitaloceno deriva de uma exploração e apropriação da natureza pelos seres humanos, com um alto poder destrutivo que tende ao esgotamento de todos os recursos do planeta.

Barcelos (2019, p. 12) completa:

[...] Assim o processo de acumulação de capital torna a exploração capitalista do trabalho uma forma social de conformação do ambiente. Por isso, segundo Moore, assim como não há como explicar a economia capitalista sem analisar as relações de produção, não há como explicar a ecologia-mundo do capital sem analisar as relações de apropriação. [...]

O autor conclui seu argumento destacando que a Revolução Industrial não pode ser necessariamente o fato propulsor do Capitaloceno. Diversos acontecimentos entre 1450 e 1750 foram forças motrizes da Era do Capital, não pelo desenvolvimento da Indústria, mas sim pelas políticas capitalistas desenvolvidas no período. Destaca-se, então, a importância de se alterar o foco da nova Era (do “homem” para o “capital”), o qual se justifica pela análise do que de fato catalisa a crise ecológica: a ganância e não a centralidade nos anseios dos seres humanos (BARCELOS, 2019, p.15).

Reforça-se que o objetivo desta monografia não é realizar uma discussão aprofundada sobre disputa semântica existente no debate do Antropoceno. Objetiva-se aqui tão somente mostrar que é cada vez mais consensual considerar que a escala de interferência humana na Terra assumiu proporções tão gigantescas a ponto de ensejar a transição de períodos geológicos, caracterizando o Antropoceno como aquele em que o homem assume protagonismo essencial ou uma força geológica.

Não há dúvida de que a passagem ao Antropoceno foi permitida pela complexidade e alcance assumidos pela economia capitalista. É imperioso reconhecer também que o sistema econômico é o principal veículo de alteração do meio ambiente. Cabe a pergunta, então, de qual é o tratamento dado ao meio dentro da teoria econômica. Esta resposta é dada na próxima subseção.

1.3. A teoria econômica e o meio ambiente

Daniel Caixeta Andrade expõe com detalhes as diferenças entre as duas principais correntes que destacam a importância do meio ambiente para a Economia. Primeiramente, define-se a economia ambiental neoclássica, para depois apresentar um debate alternativo, ou seja, os aspectos compreendidos a partir da análise da economia ecológica. Em seu artigo “*Economia e meio ambiente: aspectos teóricos e metodológicos nas visões neoclássica e da economia ecológica*”, Andrade apresenta as duas visões dominantes do pensamento econômico que abordam a temática da sustentabilidade e os impactos das ações antrópicas em todo o globo (ANDRADE, 2008).

O autor introduz as principais diferenças entre as correntes supracitadas logo no início de seu artigo:

[...] duas correntes em economia que tentam apreender as relações entre economia e meio ambiente, apontando as principais distinções existentes entre elas. Apresentam-se os fundamentos da economia ambiental neoclássica (*Environmental Economics*), que é uma tentativa de incorporação da problemática ambiental e de critérios de sustentabilidade por parte do *mainstream* econômico, e da economia ecológica (*Ecological Economics*), uma corrente ainda não-influente no pensamento econômico que tenta ampliar o escopo da análise dos problemas ambientais, reivindicando a contribuição de outras disciplinas com o objetivo geral de apresentar uma visão sistêmica sobre a relação meio ambiente-economia (ANDRADE, 2008, p.2).

Andrade ainda destaca que existe um ponto de convergência entre as duas correntes. Por essência, ambas as teorias buscam entender a relação entre os impactos das ações contra meio ambiente e a consequente retração do crescimento econômico. Todavia, vale ressaltar uma diferença fundamental entre as duas correntes: a hipótese ambiental adotada. O autor aponta que na economia ambiental neoclássica o foco das políticas de sustentabilidade está no bem-estar do ser humano, e o meio ambiente é entendido em um segundo plano, enquanto na

economia ecológica, a preocupação com a sustentabilidade é o objetivo principal, buscando-se uma análise mais complexa das relações entre a economia e o meio ambiente (ANDRADE, 2008, p. 2-3).

Ressalta-se ainda que a vertente neoclássica da economia do meio ambiente analisa de forma menos complexa a problemática ambiental. A teoria preocupa-se, basicamente, com a relação entre a escassez natural de recursos e como a economia lida com essa temática e a consequente produção de resíduos (poluentes) advinda da produção (ANDRADE, 2008, p. 10).

Portanto, salienta-se que essas correntes neoclássicas da economia ambiental são geralmente apresentadas em duas ramificações principais: a teoria da poluição e a teoria dos recursos naturais. A primeira, a qual pode ser entendida como o ramo mais importante, coloca o meio ambiente como foco das discussões, e consequentemente a poluição é entendida como geradora de “prejuízos” econômicos (ANDRADE, 2008, p. 10).

Amazonas (1994) define a Economia da Poluição como:

A Economia da Poluição, partindo da natureza pública dos recursos ambientais e dos custos externos envolvidos em seu uso, espelha o entendimento neoclássico para a relação de Exterioridade-Complementaridade que marca a interação sistema-ambiente. Apesar desta relação estar presente e importar para todo problema ambiental, aqui a análise restringe-se aos casos de “poluição” (*outputs* dos processos produtivos). Isto porque nestes casos a degradação dos recursos ambientais representa danos sociais nítidos e imediatos, o que os torna passíveis de uma análise estática de Externalidades[...]. No caso da degradação relativa à extração de recursos a serem usados como insumos (*inputs*), os custos ambientais externalizados correspondentes são menos evidentes, pois são distribuídos socialmente no espaço e no tempo para as gerações futuras.

Já a teoria dos recursos naturais é aquela que possui dois objetivos centrais: a utilização adequada dos recursos renováveis e a taxa ótima de diminuição de recursos não-renováveis. Ou seja, as teorias dão diretrizes para o comportamento da economia baseando-se na finitude de certos recursos e na geração de eficiência utilizando matrizes possíveis de renovação constante (ANDRADE, 2008, p. 11).

Desta forma, pode-se resumir as correntes neoclássicas da economia ambiental como aquelas que, apesar de terem objetivos legítimos de conservação da biodiversidade em todo planeta, ainda estão diretamente ligadas à noção de capital. Tanto as correntes que buscam minimizar a produção de resíduos, quanto aquelas que buscam otimizar os recursos que são

naturalmente escassos, podem trazer benefícios para os ecossistemas em nível global, mas falham ao analisarem de modo superficial os problemas ambientais e colocarem o bem-estar do ser humano como fim principal do pensamento econômico. Logo, uma análise mais complexa da problemática ambiental faz-se necessária com a utilização de correntes econômicas que visem à redução dos impactos ambientais não para satisfação do bem-estar humano como fim máximo, mas sim entendendo que a preservação da biodiversidade é fundamental para a manutenção da vida no planeta.

Assim, Andrade (2008) introduz o conceito de economia ecológica:

A economia ecológica é um ramo relativamente recente do conhecimento, estruturado de modo formal em 1989 com a fundação da *International Society for Ecological Economics* (ISEE) e com o periódico *Ecological Economics*. A decisão de estruturação da economia ecológica se deu em 1987, por ocasião de uma conferência realizada em Barcelona, onde foi evidenciada a insatisfação de pesquisadores tanto do ramo da economia como do das ciências naturais com o potencial da teoria econômica neoclássica em propor soluções adequadas para problemas ambientais relevantes e com o seu enfoque reducionista. Partiu-se da premissa comum de que a complexidade inerente aos problemas ambientais não permite que esses sejam analisados pela ótica de apenas uma disciplina. Ao contrário, a natureza da problemática ambiental exige uma integração analítica de várias perspectivas.

A economia ecológica pode ser entendida como aquela que integra conceitos das ciências econômicas com outras ciências humanas (ciências sociais e políticas, por exemplo) buscando uma abordagem mais complexa das relações entre o meio ambiente e a economia. (ANDRADE, 2008, p. 18) Dessa forma, segundo Constanza (1994): “a economia ecológica é uma nova abordagem transdisciplinar que contempla toda a gama de inter-relacionamentos entre os sistemas econômico e ecológico” (apud ANDRADE, 2008, p. 18).

As correntes ecológicas das ciências econômicas buscam trazer uma abordagem metodológica mais ampla e não-mecanicista, buscando variáveis diversas (que fogem das abordagens *mainstream* da economia ambiental neoclássica). Aplicam-se fundamentos das ciências da natureza (como as Leis da Termodinâmica e outros conceitos biofísicos-ecológicos) para elaboração de uma abordagem econômica que busca entender as relações de troca de matéria e energia entre a natureza (os ecossistemas) e o sistema econômico (ANDRADE, 2008, p. 18-19).

Sobre a utilização das leis da Termodinâmica, Andrade (2008) exemplifica:

A primeira lei da termodinâmica estabelece que as quantidades de matéria e energia do universo são constantes, não podendo ser criadas ou destruídas. Esse fato, por mais óbvio que possa parecer, às vezes é negligenciado em alguns modelos econômicos, levando a resultados que contrariam esse princípio. Ao dizer que “nada se cria e nada se perde”, a primeira lei reafirma o fato inescapável de que a base material sobre a qual o sistema econômico se reproduz é finita, não sendo possível, portanto, a sua expansão contínua.

Além disso, a segunda lei da Termodinâmica (a lei da entropia) estabelece que a energia do universo é constante, todavia pode ter estado disponível ou indisponível. Isso ajuda a explicar a finitude de recursos e o processo de escassez natural da economia. Ressalta-se ainda o longo ou longuíssimo prazo pretendido pelas correntes da economia ecológica, e a utilização de um modelo amplo transdisciplinar é fundamental para explicar as ciências econômicas (ANDRADE, 2008, p. 20).

É importante destacar que a economia ecológica não proíbe ou reprime a utilização de matrizes energéticas. O objetivo dessa corrente é expressar o repúdio à má utilização das fontes energéticas e oferecer uma abordagem teórica que seja pluralista e com postura de *ceticismo prudente*¹ na alocação de recursos naturais. Logo, é possível concluir que a economia ecológica busca a maior utilização de energia solar, por exemplo, e entende que os atuais padrões do capitalismo, caso continuem se ampliando, levarão a uma “escassez generalizada de recursos vitais” (ANDRADE, 2008, p. 21).

Andrade (2008) cita Costanza (1994) para definir o objetivo máximo de uma teoria de economia ecológica: “[...] a sustentabilidade do sistema econômico-ecológico”. Andrade explica que dois fatores são fundamentais para a economia ecológica: a sustentabilidade econômica (associada ao conceito de escala do sistema econômico) e a sustentabilidade social (associada à distribuição de recursos com equidade) (ANDRADE, 2008, p. 21).

O autor ainda utiliza a definição de Daly (1990) para definir o que seria uma escala ecologicamente sustentável como: “[...] aquela que o fluxo de *throughput*² está dentro da capacidade de suporte do sistema (*carrying capacity*)³ e a escala ótima é aquela que maximiza

¹ Andrade (2008, p. 21) apresenta a ideia de ceticismo prudente para refutar a posição otimista adotada pelas correntes da economia ambiental neoclássica.

² Andrade (2008, p.21) classifica *throughput* como “fluxos de materiais e energéticos provenientes do meio-ambiente e que entram e saem do sistema econômico”.

³ A capacidade de suporte é utilizada para “capturar, calcular e exprimir os limites ambientais causados pelas atividades humanas”. (SEIDL, TISDELL, 1999, apud ANDRADE, 2008, p. 22)

a diferença entre os estoques de benefícios (*wealth*) e malefícios (“*illth*”) acumulados através do crescimento[...]” (ANDRADE, 2008, p. 22).

Andrade ainda cita dois desafios para a macroeconomia: a consideração de escalas ótimas e ecologicamente sustentáveis e a consequente definição dessa escala. Considerar que existe um limite para a expansão do sistema econômico contraria a lógica do capitalismo e exige a construção da distinção entre consumo de bens necessários e consumo conspícuo. Assim, as variáveis da economia ecológica baseiam-se em taxaço de energia, materiais e fluxo de resíduos, diferentemente das variáveis ordinárias da economia neoclássica (como renda, trabalho, capital, entre outros) (ANDRADE, 2008, p. 22-23).

Andrade classifica além do foco na escala ótima e não alocação ótima (como na economia ambiental neoclássica), outros fatores. Eles são apresentados no Quadro 1 a seguir e ajudam a compreender em detalhes as principais diferenças entre as abordagens das duas correntes (ANDRADE, 2008, p. 23).

Quadro 1: Diferenças de enfoque entre a economia ecológica e a economia ambiental neoclássica

Economia ecológica	Economia ambiental neoclássica
Escala ótima	Alocação ótima e externalidades
Prioridade à sustentabilidade	Prioridade à eficiência
Satisfação de necessidades básicas e distribuição equitativa	Bem-estar ótimo ou eficiência de Pareto
Desenvolvimento sustentável (global e Norte/Sul)	Crescimento sustentável em modelos abstratos
Pessimismo com relação ao crescimento e existência de escolhas difíceis	Otimismo com relação ao crescimento e existência de opções “ganha-ganha”
Co-evolução imprevisível	Otimização determinística do bem-estar intertemporal
Foco no longo prazo	Foco no curto e médio prazos
Completa, integrativa e descritiva	Parcial, monodisciplinar e analítica
Concreta e específica	Abstrata e geral
Indicadores físicos e biológicos	Indicadores monetários
Análise sistêmica	Custos externos e valoração econômica
Avaliação multidimensional	Análise custo-benefício
Modelos integrados com relações de causa- efeito	Modelos aplicados de equilíbrio geral com custos externos
Racionalidade restrita dos indivíduos e incerteza	Maximização da utilidade e lucro
Comunidades locais	Mercado global e indivíduos isolados
Ética ambiental	Utilitarismo e funcionalismo

Fonte: VAN DEN BERGH, 2009, p. 9 apud ANDRADE, 2007, p. 24

O marco da economia ecológica pode ser entendido como a sustentabilidade, e ela é por vezes definida como *economia da sustentabilidade* ou *economia da sobrevivência*. O foco dessa corrente econômica é a preservação de oportunidades para as gerações futuras e pode ser vista como consequência da evolução de teorias que conceituaram anteriormente o desenvolvimento sustentável. Contudo, Andrade demonstra incoerências nesse termo e relata que o arcabouço teórico que levou o desenvolvimento do conceito é ainda muito discutido entre acadêmicos (ANDRADE, 2008, p. 25-26).

Andrade fala ainda na diferença entre a visão neoclássica ambiental sobre o futuro da humanidade e o que se espera na corrente ecológica. A primeira entende que existe “um futuro cheio de crescente e ilimitada prosperidade, suportada pela convicção de que os avanços tecnológicos e a capacidade de reorganização social serão capazes de solucionar os problemas de ordem ambiental e econômica” (ANDRADE, 2008, p. 25), enquanto a economia ecológica questiona tudo isso e encara de modo mais cético e com maior preocupação (ANDRADE, 2008, p. 25).

Andrade (2008) conclui:

Por fim, cabem algumas considerações acerca da visão da economia ecológica sobre a valoração dos bens e serviços ecossistêmicos. Por ser uma área caracterizada pelo pluralismo metodológico e heterogeneidade de enfoque interna à própria economia ecológica, encontram-se posições que vão desde o suporte ao exercício valorativo do meio ambiente a posições de relativo descaso a essa temática. O ponto importante a se frisar aqui é que parece haver um consenso entre os economistas ecológicos de que a principal limitação da valoração econômica do meio ambiente atualmente praticada é que ela confere um caráter fortemente economicista às análises que envolvem o meio ambiente, não conseguindo captar valores referentes à maioria dos serviços ecossistêmicos e não contemplando importantes aspectos relacionados à dinâmica dos processos naturais. Esse último ponto pode estar relacionado à grande complexidade das interações ecossistêmicas e à falta de informações que permitem um correto tratamento dessas interações.

Ao final do tópico, o autor revela o grande desafio da economia ecológica: a construção de um modelo sistêmico de valoração não-monetário, não descartando, no entanto, os sistemas de mensuração econômica preexistentes. Ou seja, a economia ecológica busca abranger aspectos físicos e sociais, mas não descarta os econômicos, e por isso é uma teoria econômica (ANDRADE, 2008, p. 26).

1.4. Notas conclusivas

O primeiro capítulo buscou traçar inicialmente um horizonte temporal (baseado nas Eras Geológicas) para que a extinção da vida humana do planeta fosse entendida como um fato inevitável. Logo após, com a definição de Antropoceno e Capitaloceno, uma breve introdução da problemática ambiental pode ser apresentada, destacando-se que em ambas os seres humanos são entendidos como promotores e propulsores das questões ecológicas, diferenciando-se apenas no ponto central das discussões (em uma está na própria concepção humana e na outra, no sistema capitalista).

Por fim, foram apresentadas as duas correntes de maior destaque das ciências econômicas para as questões ambientais. Por um lado, existem as correntes neoclássicas que entendem que é possível existir harmonia entre o meio ambiente e o sistema capitalista. Por outro, a economia ecológica apresenta que somente uma ruptura no sistema atual e a necessidade de variáveis mais complexas são necessários para que de fato se construa um futuro efetivamente sustentável.

Em suma, o objetivo do capítulo é introduzir a problemática ambiental que será futuramente discutida e oferecer um direcionamento teórico para se apresentar o próximo capítulo. Nele, a ideia de transformação da economia ao longo dos últimos anos (pós Revolução Industrial) será apresentada para analisar se as eco-inovações (entendidas a partir do pensamento neoclássico) seriam suficientes para resolver uma possível crise ecológica no planeta.

CAPÍTULO 2: A VISÃO OTIMISTA: UMA NOVA “REVOLUÇÃO” INDUSTRIAL NO SÉCULO XXI

No capítulo anterior foi lançado o argumento de que a ascensão da civilização industrial (meados do século XVIII), em substituição às sociedades agrícolas anteriores, foi responsável pelo agigantamento da escala humana sobre o planeta Terra, o que vem resultando em várias crises socioambientais, como a emergência climática e a erosão da biodiversidade global.

Muitos autores, como Marques (2017), por exemplo, afirmam que a atual lógica capitalista de produção e consumo é intrinsecamente insustentável do ponto de vista ecológico. Em contraposição a esta ideia, existem argumentos favoráveis à possibilidade de se utilizar os avanços tecnológicos do capitalismo como neutralizadores dos impactos ambientais perversos. É o caso dos chamados otimistas tecnológicos, que veem na constante incorporação de progresso técnico uma possível resposta aos desafios ambientais.

Para descrever os argumentos destas posições otimistas, este capítulo apresenta a Indústria 4.0 como sendo o último estágio até aqui de evolução tecnológica do capitalismo.

2.1. O progresso tecnológico e a Indústria 4.0

Conforme a teoria econômica neoclássica, o meio ambiente não pode representar um obstáculo à expansão do sistema econômico dado que o progresso tecnológico poderá substituir, em última instância, os bens e serviços ambientais que se tornarem escassos (MUELLER, 2007). Este tipo de argumentação reforça a visão otimista de que se abre uma infinidade de possibilidades para o futuro da humanidade, independente da trajetória escolhida.

Em outras palavras, dentro deste paradigma considera-se que o progresso tecnológico é capaz de relativizar ou neutralizar os impedimentos que a escassez dos recursos ambientais pode eventualmente causar ao crescimento econômico. Sua melhor explicitação está em Simon (1995), que afirma:

[...] a tecnologia existe agora para produzir em quantidades praticamente inesgotáveis todos os produtos vindos da natureza [...] Temos agora em nossas mãos - na verdade, em nossas bibliotecas - a tecnologia para alimentar, vestir e fornecer energia à uma população sempre crescente de pessoas pelos próximos 7 bilhões de anos. (Tradução do autor)

Dentro da perspectiva otimista e que privilegia o progresso técnico como sendo a chave para um futuro próspero e sustentável, é interessante analisar o momento atual em que se encontra o sistema capitalista do ponto de vista da dinâmica tecnológica. A opção por este veio de análise se deve ao fato de que é comum argumentos de que a nova revolução industrial pode ser um momento importante para se reconectar meio ambiente e capitalismo.

É possível classificar a Indústria 4.0 como a quarta revolução industrial. Bartodziej (2017) introduz conceitualmente as etapas do macroprocesso conhecido como Revolução Industrial, que tem como marco inicial o final do século XVIII na Inglaterra:

O processo de industrialização começou com a introdução de equipamentos de fabricação mecânica no final do século XVIII. Impulsionados pelo desenvolvimento da máquina a vapor por James Watt, as máquinas e os motores revolucionaram a forma como os bens eram feitos. A transformação de uma sociedade agrícola em sociedade industrial foi introduzida. A primeira revolução industrial contribuiu enormemente para a diminuição das catástrofes da fome nos países industrializados e, simultaneamente, para o consequente desenvolvimento de uma explosão populacional. Esta transformação foi seguida por uma segunda revolução industrial que começou por volta da virada do século XX e envolveu produção em massa de bens movida à eletricidade com base na divisão do trabalho. [...] Este desenvolvimento foi substituído pela terceira revolução industrial que começou no início dos anos 1970 e continuou até os dias atuais. Esta revolução é caracterizada pela implementação de eletrônica e tecnologia da informação para alcançar maior automação dos processos de fabricação, à medida que as máquinas gradualmente assumem e substituem uma alta proporção de trabalho de mão-de-obra. [...] A terceira revolução ainda está presente, mas está se transformando suavemente em uma nova era de industrialização - a quarta revolução industrial (tradução do autor).

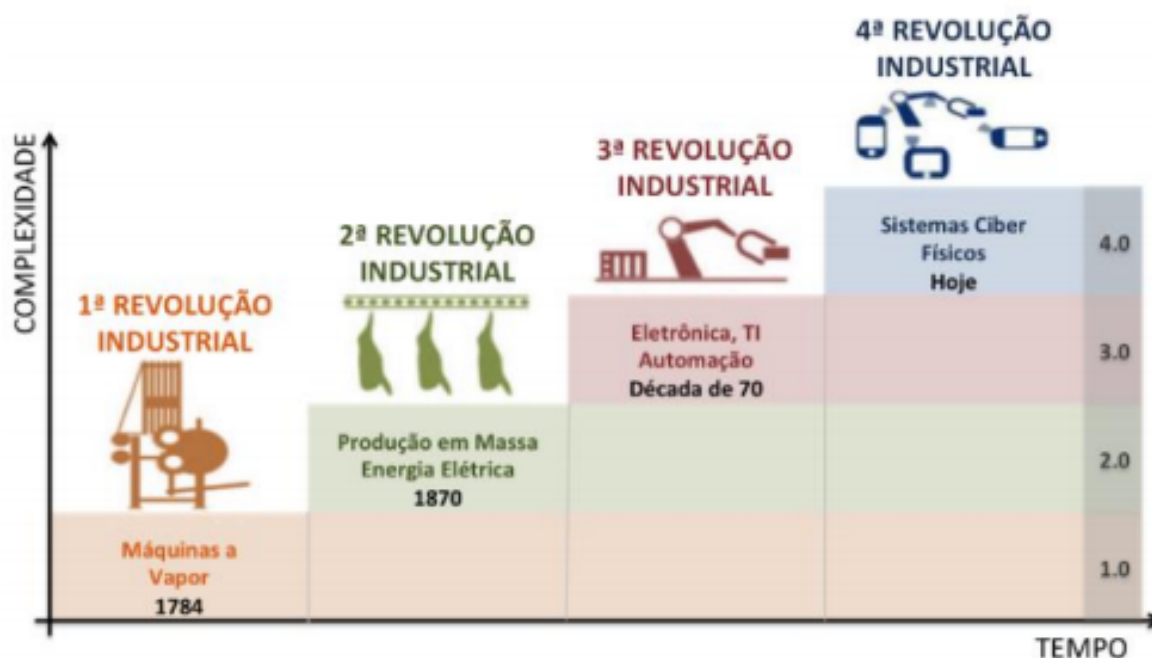
Apesar de existir divergências quanto ao início do que pode ser considerada a Indústria 4.0, é possível afirmar que, na atualidade, o mundo esteja vivendo um período de transição entre a terceira e a quarta fase de um macroprocesso entendido como Revolução Industrial. Apesar de divergentes, as literaturas tendem a qualificar esses processos como aqueles em que existem níveis intensivos em tecnologia, eficiência energética e processos e produtos cada vez mais conectados.

Além disso, é importante destacar que o surgimento de técnicas de inovação tem reflexos no mundo todo, mas o impacto direto de cada etapa é presenciado de maneira assimétrica ao redor do globo. O professor Eduardo de Senzi Zancul, da Escola Politécnica da

USP, em entrevista à revista Exame, destaca que o Brasil só atingirá o grau esperado da quarta revolução industrial quando atingir maior grau de inovação e investir em produtos customizados. Desta forma, pode-se inferir que o Brasil esteja vivendo ainda a terceira fase e, portanto, surge a ideia de transição em uma escala global (EXAME, 2017).

A Figura 2 ilustra, na visão de Coelho, os períodos que podem ser entendidos cada uma dessas etapas, apresentando como ponto crítico para início de uma quarta revolução industrial, o ano de 2016. Contudo, para autores como Bartodziej (2017), as tecnologias desenvolvidas na Indústria 4.0 poderiam ter como “ponto crítico” o ano de 2014.

FIGURA 2: As quatro fases da Revolução Industrial.



Fonte: COELHO, 2016, p.15

Bartodziej define a Quarta Revolução Industrial como aquela em que existe uma sociedade pós industrializada, na qual temos uma evolução na indústria de modo a torná-la totalmente “baseada no conhecimento, orientada para o serviço e baseada na informação” (BARTODZIEJ, 2017). A Indústria 4.0 é muitas vezes entendida como uma Revolução Digital, na qual existem quatro componentes básicos: os sistemas *cyber*-físicos, a Internet das Coisas (*internet of things*), a Internet dos Serviços e o conceito de *Smart Factory* (HERMANN et al., 2015).

A Indústria 4.0 não deve ser abordada como um sistema fechado, mas deve ser considerada como uma parte essencial de várias áreas-chave. Em um mundo inteligente e interconectado, baseado na Internet das Coisas e Serviços, os setores-chave da economia serão transformados em infraestruturas e constelações inteligentes. Essa transformação leva ao surgimento de redes inteligentes e prédios inteligentes no campo do fornecimento de energia, soluções inteligentes e sustentáveis de mobilidade e logística, saúde inteligente e assim por diante. Assim, a Indústria 4.0 deve ser pensada, implementada e vivida de forma interdisciplinar e com estreita cooperação com outras áreas-chave [...]. Dentro deste ecossistema inteligente, a Indústria 4.0 é a manifestação da abordagem do “pensamento inteligente” em ambientes de manufatura (BARTODZIEJ, 2017, p. 35, tradução do autor).

Em sua tese de mestrado, Pedro Miguel Nogueira Coelho ressalta que a Indústria 4.0 deve ser entendida para além da ideia de digitalização, visto que existe um ecossistema baseado na combinação de múltiplas tecnologias. Estas interferem além da concepção do produto, abrangendo a gestão do negócio, os processos envolvidos e a própria noção de valor e de desenvolvimento (COELHO, 2016, p.15).

Coelho cita ainda os quatro elementos buscados pela Indústria 4.0. O primeiro consiste na alteração das expectativas dos clientes, os quais procuram produtos cada vez mais sofisticados e consideram cada vez mais a experiência envolvida no serviço prestado. Já os outros itens, abordam: produtos com níveis cada vez mais intensivos em tecnologia, novas formas de colaboração e parcerias, e a conversão de um modelo até então operacional em um considerado “digital” (COELHO, 2016, p.15-16).

Baur e Wee (2015) associam a Indústria 4.0 a um grande aumento no volume de dados, da potência computacional e nas redes de longa distância de baixa potência. Para eles, existe a possibilidade de utilização de recursos para análise e inteligência nas áreas de negócios, possibilitando uma interação totalmente nova entre o homem e a máquina. Isso é possível através de sistemas de realidade aumentada, incremento de uma robótica cada vez mais avançada e por meio de sistemas de impressões em 3D.

Coelho (2016) apresenta os dados (organizados no Quadro 2) apresentados pelo Fórum Econômico Mundial (WEF), os quais representam as expectativas dos empresários para que a Indústria 4.0 atinja o seu nível máximo em 2027. A organização listou os 21 pontos críticos esperados, e as possíveis datas a partir de pesquisas com 800 empresários que investem em tecnologia atualmente.

Quadro 2: Linha do Tempo esperada para Indústria 4.0.

Ponto Crítico	Características Principais
2018	Armazenamento para todos.
2021	Robôs e Serviços.
2022	A internet “da” e “para as” coisas; A internet “vestível” (<i>wearable internet</i>); Manufatura e Impressão 3D.
2023	Tecnologias Implantáveis; <i>Big Data</i> para decisões; Visão como a Nova Interface; Presença Digital; Governos e o <i>Blockchain</i> ; O Supercomputador no seu bolso.
2024	Computação Onipresente; As Impressoras 3D e a Saúde Humana; A Casa Conectada.
2025	As Impressoras 3D e os produtos para o consumidor; Inteligência Artificial e os Trabalhos “do colarinho branco”; A economia compartilhada.
2026	Carros autônomos; Inteligência Artificial e o Processo Decisório; <i>Smart Cities</i> .
2027	<i>Bitcoin e Blockchain</i>

Fonte: COELHO, 2016, p. 17, tradução do autor

Apesar de os dados apresentarem certa coerência, baseado na própria lógica de desenvolvimento do capitalismo, cabe uma ressalva. É importante destacar que as previsões apresentadas por Coelho não são fruto de um estudo aprofundado para definir as datas para os pontos críticos, mas sim do resultado de entrevistas com empresários do setor, o que pode resultar em mera especulação. Contudo, a tabela mostra na prática, as possíveis nuances da quarta fase da Revolução Industrial e os desmembramentos futuros de tecnologias recentes (um exemplo é a aplicação prática de impressoras 3D na saúde e em produtos).

Burritt e Christ (2016) analisam em que pontos a nova revolução industrial poderá auxiliar no desenvolvimento de políticas ambientais efetivas. Para eles, a Indústria 4.0 possibilita o fornecimento de dados físicos e monetários em tempo real para análise, de modo a contribuir com maior precisão e qualidade para as empresas. A pesquisa mostrou que a Quarta Revolução Industrial tende a focar sua eficiência em ganhos potenciais em áreas de capital intensivo, como a aviação, petróleo e gás, transporte, geração e distribuição de energia, mineração, entre outros. Acredita-se que por serem setores com utilização intensiva de tecnologia, em sua maioria, gerem em mesma escala grandes impactos ambientais. Assim, as

inovações desenvolvidas com as políticas ambientais, terão um papel fundamental na redução dos impactos nos ecossistemas (BURRITT e CHRIST, 2016).

O artigo desenvolvido por Burritt e Christ é o que mais se aproxima dos objetivos deste trabalho. Eles diferenciam um termo que pode ser traduzido livremente para “contabilidade ambiental” diferente da noção de contabilidade financeira convencional. Contudo, existe um viés ainda relacionado com a economia ambiental neoclássica e não necessariamente aos objetivos da economia ecológica. Ambas as correntes serão aprofundadas no terceiro capítulo (BURRITT e CHRIST, 2016).

Não obstante a mudança mencionada no pensamento convencional, na realidade, a noção de ação ambientalmente amigável como uma oportunidade de negócio potencial nem sempre era intuitiva para os gestores. Portanto, havia a necessidade de desenvolver ferramentas que permitissem avaliar como a organização é impactada por questões ambientais e como, por sua vez, afeta o ambiente em que opera. Essa necessidade deu origem ao desenvolvimento da “contabilidade ambiental” nos anos 90. A contabilidade ambiental vai além da gestão ambiental genérica, pois incentiva uma abordagem integrada ao controle econômico e ambiental, o qual permite identificar cenários em que todos ganhem e, às vezes, possibilitem trocas, e selecionem um curso de ação apropriado (BURRITT e CHRIST, 2016, tradução do autor).

O trabalho identifica problemas fundamentais para análise histórica da situação ambiental do planeta, muitas vezes entendendo que existe certa discrepância entre os dados "oficiais" apresentados por empresas e estados, e aqueles que são efetivamente observados. Contribui ainda para uma análise que foge do discurso meramente econômico, apresentando objetivos sustentáveis que são possíveis graças às tecnologias desenvolvidas nos últimos anos (como dados mais precisos, eficiência na obtenção deles, e possibilidade de desenvolvimento de alternativas que reduzam os impactos ambientais) (BURRITT e CHRIST, 2016).

Por fim, uma grande contribuição do artigo de Burritt e Christ é a diretriz de alguns pontos que a pesquisa acadêmica deve se concentrar em trabalhos futuros para que a Indústria 4.0 tenha maior impacto nas questões de sustentabilidade. Entre outros tópicos citados, destacam-se: a identificação de setores ambientalmente sensíveis e os impactos almejados pela Indústria 4.0; o mapeamento do tamanho das empresas envolvidas no processo da Indústria 4.0 (destacando não somente as grandes empresas, mas também as médias e pequenas); e os

benefícios relacionados entre a contabilidade ambiental e a definição de geração de valor (BURRITT e CHRIST, 2016).

2.2. A nova onda de inovações e as eco-inovações

A primeira definição de inovação de maior deferência da atualidade remonta aos estudos de Schumpeter em *Capitalismo, Socialismo e Democracia*. Sua teoria nos mostra que as indústrias precisam inovar, pois um processo de destruição criativa dos produtos concorrentes é a chave para a ampliação dos lucros e de um processo de diferenciação em relação aos seus competidores. Em resumo, um processo mais eficiente reduzirá os custos, da mesma forma que um produto com maiores inovações o tornará diferente dos seus concorrentes e, com isso, o lucro será consideravelmente ampliado (SCHUMPETER, 1961).

O capitalismo é, por natureza, uma forma ou método de transformação econômica e não, apenas, reveste caráter estacionário, pois jamais poderia tê-lo. Não se deve esse caráter evolutivo do processo capitalista apenas ao fato de que a vida econômica transcorre em um meio natural e social que se modifica e que, em virtude dessa mesma transformação, altera a situação econômica. [...] Tampouco esse caráter evolutivo se deve a um aumento quase automático da população e do capital, nem às variações do sistema monetário, do qual se pode dizer exatamente o mesmo que se aplica ao processo capitalista. O impulso fundamental que põe e mantém em funcionamento a máquina capitalista procede dos novos bens de consumo, dos novos métodos de produção ou transporte, dos novos mercados e das novas formas de organização industrial criadas pela empresa capitalista (SCHUMPETER, 1961, p. 110).

A conceituação de eco-inovação é mais recente. Uma das primeiras definições data do ano de 2000, quando Klaus Rennings buscou redefinir, a partir de um estudo de 1999, o termo inovação a partir do conceito de Desenvolvimento Sustentável. As eco-inovações seriam aquelas que pudessem reduzir os encargos ambientais em ao menos um item, buscando melhorar situações ambientais problemáticas (RENNINGS, 2000).

Rennings (2000) define as eco-inovações como todas as medidas aplicadas ou apresentadas por atores relevantes da sociedade (empresas, associações, políticos, entre outros) que buscam desenvolver novas ideias, comportamentos, produtos e processos. Além disso, elas precisam ter o objetivo de reduzir os encargos ambientais ou os custos ecologicamente de metas

de sustentabilidade. Serão desenvolvidas por empresas ou organizações sem fins lucrativos, podendo ter natureza tecnológica, organizacional, social ou institucional.

A essência deste tópico baseia-se nas empresas enquanto principal ator dessas eco-inovações, com foco nas atividades que visam lucro e de natureza tecnológica. Neste sentido, vem a discussão da Indústria 4.0 e das inovações desenvolvidas pelas empresas nessa nova fase da Revolução Industrial.

No livro *Eco-Inovação: Caminho para o Crescimento Sustentável* (DIAS, 2014), o conceito de criatividade é utilizado como ponto de partida e definido como uma junção de conhecimento, pensamento criativo e motivação, para chegar à definição de inovação. Dias utiliza-se dos estudos de Schumpeter e descreve que o mundo passou por seis ondas de inovação (como demonstrado no Quadro 3). Dentro dessa lógica, as eco-inovações estão diretamente relacionadas à sexta onda de inovações, a qual caminha para ser a protagonista a partir de 2010.

Quadro 3: As seis ondas de inovação e as tecnologias desenvolvidas.

Ondas de inovação	Período	Características Principais
Primeira Onda	1785-1845	Ferro; Energia Hidráulica; Mercantilização; Têxteis; Comércio.
Segunda Onda	1845-1900	Energia a Vapor; Ferrovia; Aço; Algodão.
Terceira Onda	1900-1950	Eletricidade; Produtos Químicos; Motor de Combustão Interna.
Quarta Onda	1950-1990	Petroquímica; Eletrônica; Aviação; Espaço.
Quinta Onda	1990-2010	Redes Digitais; Biotecnologia; Software; Tecnologia de Informação.
Sexta Onda	2010-presente	Sustentabilidade; Produtividade Radical dos Recursos; Projetos de Sistema Integral; Biomimética; Química Verde; Energia Renovável; Nanotecnologia Verde

Fonte: DIAS, 2014, p. 71, elaboração do autor

A partir dos dados apresentados por Dias (2014) pode-se inferir que as duas primeiras fases da Revolução Industrial produziram ondas mais duradouras, enquanto que a terceira teria produzido ondas que remontam a períodos menores, e a quarta tende a produzi-los de modo ainda mais célere. Isso é possível a partir de uma lógica de gráficos parabólicos em que o ápice das inovações geradas por cada onda gera queda das mesmas após os desenvolvimentos de novas tecnologias e surgimento de novas ondas (DIAS, 2014, p. 71).

É interessante perceber que a lógica de ondas está diretamente relacionada ao conceito de Destruição Criativa de Schumpeter. Além disso, é possível depreender que o ritmo acelerado do capitalismo tem levado ao surgimento de novas ondas (ou inovações ou ainda destruições criativas) em escalas cada vez maiores ao longo das últimas décadas, em um modelo que tende cada vez mais ao esgotamento do sistema, ou colapso, como será demonstrado ao longo do próximo capítulo deste trabalho.

Dias apresenta as eco-inovações como algo muito mais amplo do que vantagens competitivas para os empresários (redução de custos, basicamente). Na visão do autor, as empresas ainda colocam os benefícios sociais em segundo plano, em um cenário onde eles deveriam ser os protagonistas dessas inovações (DIAS, 2014, p. 99-100).

Principalmente, no que tange a mudanças radicais, em termos de processos, produtos ou mesmo organizacionais, o envolvimento maior com a questão verde tem evoluído de forma mais lenta do que o necessário. Na maior parte das vezes, os avanços observados se deveram às pressões exercidas pela regulação ambiental. Essa tendência tem se ampliado devido ao aumento da concorrência em âmbito global e à crescente demanda por produtos verdes, devido ao aumento da conscientização dos consumidores (DIAS, 2014, p. 99-100).

Para explicar o conceito literal de eco-inovação, Dias o associa ao conceito de economia verde. Ou seja, “uma perspectiva econômica onde os processos produtivos são dimensionados de forma tal a não prejudicarem o ambiente natural, ou, ao menos, diminuir seu impacto sobre ecossistemas” (DIAS, 2014, p.103).

As eco-inovações podem, então, ser entendidas de duas maneiras: um conceito não-aberto, visto que existe um foco na redução dos impactos ambientais, intencionalmente ou não; e ainda algo muito mais amplo do que algo meramente tangível, já que podem incluir métodos de produção ou até mesmo inovações em estruturas sociais e institucionais preestabelecidas. Elas podem ainda ser analisadas a partir de três eixos principais: quanto ao seu foco (o alvo que

se deseja alcançar), quanto ao mecanismo (o método introduzido) e quanto ao seu impacto (os efeitos gerados) (DIAS, 2014, p.103-104).

Os focos podem ser: um novo produto (ou serviço); introdução de novos processos ou métodos; o oferecimento de marketing que vise promover as questões de sustentabilidade; mudanças organizacionais (como gestão sustentável ou distribuição de responsabilidades); e ainda maior controle pelas instituições. Já os mecanismos que são utilizados nos focos podem ser classificados de quatro formas: de modificação, de reformulação, de criação ou alternativos. E os impactos serão classificados a partir da combinação entre métodos e focos, gerando consequentemente algum benefício ambiental (DIAS, 2014, p. 104-105).

De modo resumido, as eco-inovações precisam ser entendidas além da lógica comum de inovação que vise reduzir poluição ou geração de resíduos. “No passado, tecnologias ambientais se referiam ao controle da poluição ou tecnologias de fim-de-tubo (End-of-pipe)” (DIAS, 2014, p. 107). As inovações ambientais (eco-inovações) só podem ser assim definidas, se gerarem efeitos práticos (impactos reais) para questões de sustentabilidade (DIAS, 2014, p. 107).

[...] uma inovação ambiental pode ser definida como uma inovação que serve para prevenir ou reduzir a carga sobre o meio ambiente, limpar danos já causados ou diagnosticar ou monitorar problemas ambientais. Uma definição ampla de inovação ambiental é a que consiste de processos novos ou modificados, técnicas, práticas, sistemas e produtos para evitar ou reduzir danos ambientais. Inovações ambientais podem ser desenvolvidas com ou sem um propósito explícito de reduzir os danos ambientais. Elas também podem ser motivadas pelos objetivos de negócios habituais, tais como redução de custos ou melhoria na qualidade do produto. É importante destacar que é o efeito, e não a intenção, que determina se é ou não uma inovação ambiental (DIAS, 2014, p. 107).

2.3. Por outro lado, o “Efeito Rebote”

Apesar de, em teoria, os efeitos de ganhos de produtividade e eficiência da Indústria 4.0 parecerem ir ao encontro de um Desenvolvimento Sustentável, é preciso entender que as facilidades na produção de artigos é um facilitador para o aumento de produtividade das empresas e de consumo das famílias. “[...] Há uma falha neste argumento de eficiência. Melhorar a eficiência energética pode não ser tão eficaz na redução da demanda de energia [...]”.

[O] *Rebound Effect* [...] pode atrapalhar e reduzir a proporção que as “economias de energia” alcançaram” (HERRING et al., 2009, tradução do autor).

Herring et al. (2009) nos trazem dois conceitos principais: *Rebound Effect* e Economias de Energia. O primeiro que pode ser traduzido tanto como um efeito rebote, quanto efeito de repercussão, basicamente define que os ganhos de produtividade das empresas não indicam que os danos ambientais se reduzirão e os recursos dispendidos na produção serão menores, mas que isso gera ampliação no consumo das famílias devido a maior facilidade em produzir e redução nos custos de produção. Já o segundo termo está diretamente relacionado aos ganhos de produtividade das empresas, basicamente os avanços tecnológicos tendem a diminuir os processos envolvidos nas manufaturas, e consequentemente, ganhos energéticos são atingidos para redução de agressões ao meio ambiente.

Complementando o argumento de Herring e outros autores, o francês Cédric Gossart (2010) em seu artigo “Uma pedra no sapato da tecnologia verde”, resumiu o *Rebound Effect* e os impactos nos ganhos de produtividade das empresas em:

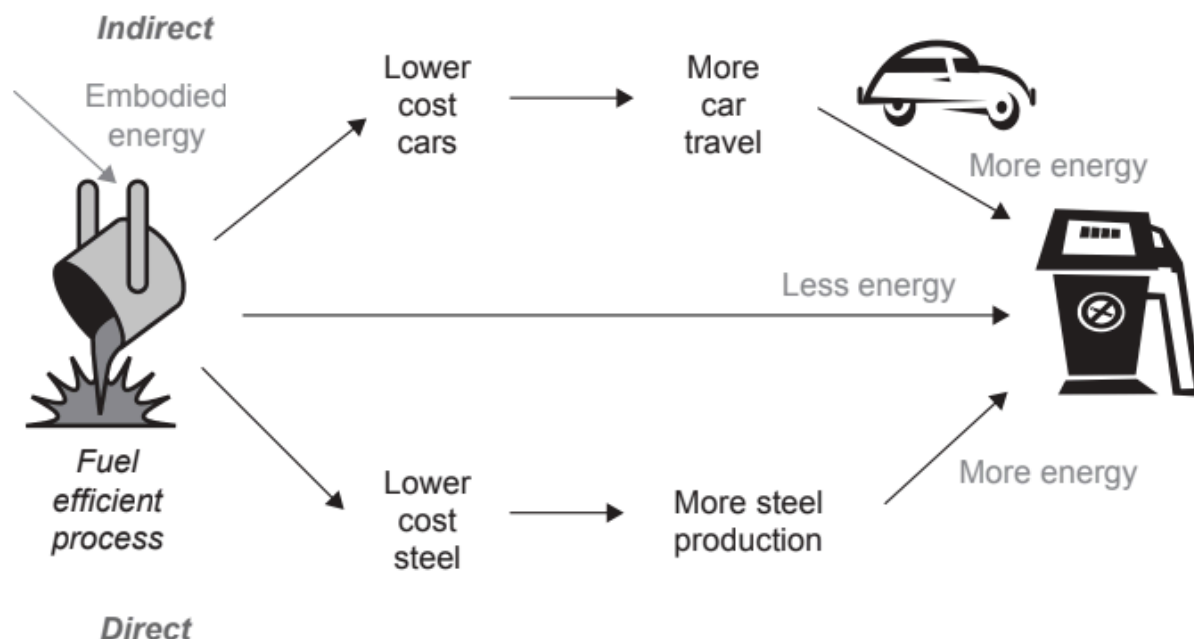
Quando um bem ou serviço se torna mais barato, as pessoas tendem a consumir uma quantidade maior. E, além disso, gastam o excedente na aquisição de outros bens de consumo como TVs de plasma, viagens aéreas, telefones “inteligentes” etc. Ou seja, a vantagem ecológica da tecnologia se reduz a quase nada (GOSSART, 2010).

Dessa forma, o Efeito Rebote pode ser entendido de duas maneiras: efeitos indiretos e efeitos diretos. Os indiretos são aqueles que não são necessariamente perceptíveis quando acontecem, enquanto os diretos podem ser entendidos como um fim a se alcançar, uma meta, um objetivo (HERRING et. al, 2009, p. 3-7).

Os efeitos indiretos ainda podem ser divididos em duas classes: os que possuem energia incorporada (*embodied energy*) e os efeitos secundários. Os primeiros podem ser entendidos como efeitos de consumo de energia indireta necessária para se atingir um grau de eficiência. Um exemplo para esses efeitos associados a energia incorporada, seria a energia utilizada para se instalar sistemas que permitem isolamento térmico. Já os efeitos secundários podem ser entendidos como todos os outros efeitos indiretos (HERRING et. al, 2009, p. 3-7).

Além disso, Herring et. al mostram os efeitos diretamente relacionados aos produtores e àqueles relacionados aos consumidores. Como demonstrado na Figura 3, com processos cada vez mais eficientes utilizando o petróleo, o custo do aço tende a diminuir (efeito direto) e com isso, os produtores tendem a produzir ainda mais aço (HERRING et. al, 2009, p. 3-7).

FIGURA 3: Ilustração do “Efeito Rebote” para produtores



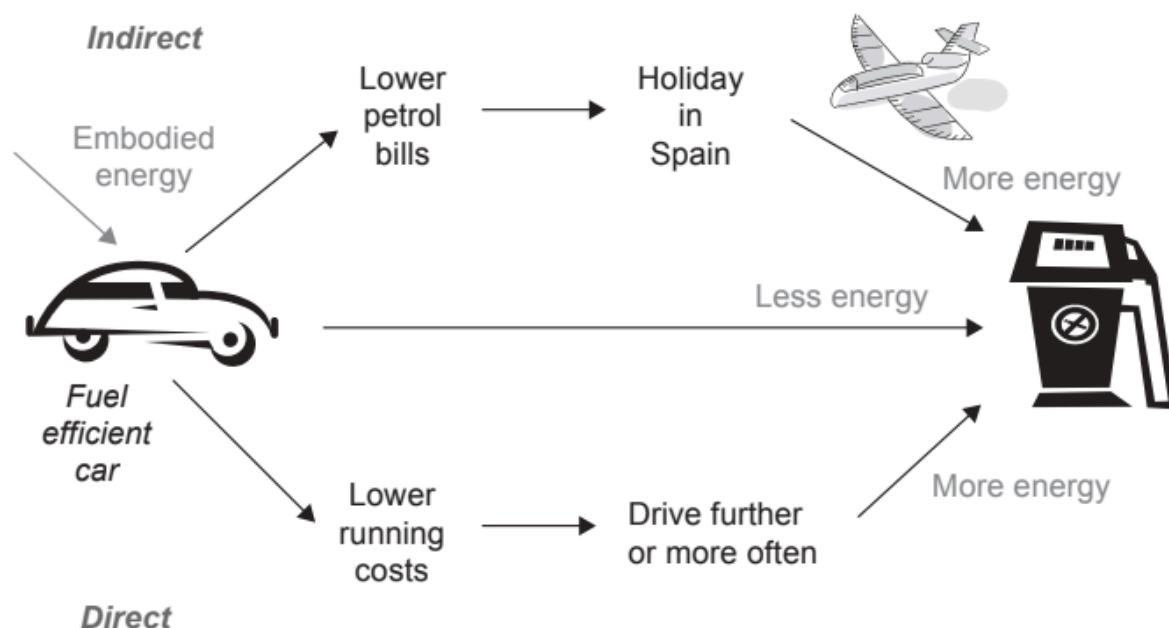
Fonte: HERRING et. al, 2009, p. 6⁴

A Figura 3 é um ótimo exemplo para demonstrar na prática o que seriam os efeitos de repercussão. As eco-inovações apresentadas no tópico anterior podem parecer um grande avanço para as questões de sustentabilidade. Todavia, as “inovações”, sejam elas ecológicas ou não, são sempre entendidas sob uma ótica capitalista de redução de custos e aumento de lucros. Por melhores e mais eficientes que os processos sejam atualmente, as empresas não reduzirão os impactos ambientais em nível global utilizando inovações ecológicas, mas sim, reduzirão o tempo de produção de um item, ou os custos envolvidos na produção dele (HERRING et. al, 2009, p. 3-7).

Existem também os efeitos de repercussão causados pelos próprios consumidores. Com custos reduzidos, as pessoas tendem a viajar mais (efeitos indiretos) e os carros mais eficientes permitem que se viaje para mais longe ou por mais vezes (efeitos diretos). A Figura 4 exemplifica isso de uma maneira muito clara, afinal, da mesma forma que os produtores tendem a aumentar a produção com as inovações, os consumidores aumentarão o consumo, considerando que a renda continua a mesma ou é aumentada, e os custos tendem a ser menores devido aos ganhos de eficiência (HERRING et. al, 2009).

⁴ Imagem retirada do livro em seu idioma original.

FIGURA 4: Ilustração do “Efeito Rebote” para consumidores



Fonte: HERRING et. al, 2009, p. 6⁵

Por fim, Cedric Gossart traz mais um elemento importante para o Efeito Rebote: o tempo. A sociedade traz a noção de eficiência das empresas cada vez mais para os seus hábitos. Pode-se entender que a pressa em conseguir realizar uma tarefa gere um novo tipo de efeito de repercussão.

“Existem outras causas de efeito rebote: consumimos um bem ou serviço, pois ele fornece um maior nível de conforto ou desempenho, mas também porque temos que ganhar tempo e isso pode ter repercussões importantes ao se difundir de maneira maciça na sociedade. Os meios de transporte rápido serão, por exemplo, privilegiados, assim como os deslocamentos individuais superarão os coletivos e as filas nos aeroportos ou engarrafamentos nas estradas ganharão força [...]” (GOSSART, 2010).

2.4. Notas Conclusivas

Em suma, por melhores que sejam as intenções das eco-inovações, elas não são suficientes para resolver a problemática ecológica em todo o globo. Isso pode ser entendido devido ao modelo capitalista adotado desde o início da Revolução Industrial. As inovações,

⁵ Imagem retirada do livro em seu idioma original.

sejam ambientais ou não, contribuem para eficiência industrial e não necessariamente para preservação da biodiversidade.

É possível concluir isso a partir da análise do Efeito Rebote. Em uma analogia simples, as famílias possuíam apenas um televisor em casa no passado, enquanto hoje, além da televisão, possuem computadores, *tablets* e *smartphones*. As inovações nos últimos anos levaram à redução de custos e ampliaram o consumo.

O objetivo deste capítulo, entre outros, foi mostrar que, apesar de ganhos de eficiência terem um efeito positivo para as questões ambientais (ao reduzir o consumo de energia e os custos da produção de um bem), o efeito rebote e a lógica atual de consumo intensificam ainda mais o problema ambiental e nos levam rumo a um colapso iminente (conforme será descrito no próximo capítulo).

Em outras palavras, este segundo capítulo procurou mostrar que a Indústria 4.0 e o conjunto de inovações técnicas por ela trazidas são considerados por alguns como sendo a promessa de salvação ecológica da Terra. Entretanto, foi visto que há importantes argumentos contrários a esta ideia. No próximo capítulo enfatiza-se o aspecto destrutivo do sistema econômico sob o ponto de vista de dois impactos ambientais.

CAPÍTULO 3: O PESSIMISMO DA RAZÃO: MOTIVOS PARA QUESTIONAR A SUSTENTABILIDADE NO CAPITALISTAMO

Como contrapeso ao capítulo anterior, que foram apresentadas brevemente argumentos favoráveis à noção de um capitalismo sustentável, o presente capítulo traz uma reflexão que se encaminha na direção oposta: não é possível tornar o capitalismo sustentável pelo simples fato de que suas “coordenadas mentais” não serem compatíveis à ideia de limites ambientais. Este argumento está presente principalmente em Luiz Marques (2017), em sua obra *Capitalismo e Colapso Ambiental*, amplamente utilizada como base para os pontos levantados.

No intuito de tornar a discussão mais aplicada, optou-se pela análise da dinâmica de dois grandes problemas ambientais contemporâneos: a emergência climática e os resíduos sólidos (plásticos). Tais problemas colocam desafios não apenas para os sistemas econômicos, que devem enfrentar a decisão sobre a redução das atividades que utilizam combustíveis fósseis e derivados dos plásticos, mas também representa impasses para a construção de uma governança efetivamente global que lide com estes temas.

3.1. Resumo da problemática ecológica global

Apesar de uma aparente maior preocupação ambiental por parte de diversos países, o mundo caminha para um colapso ambiental. As mudanças climáticas são, na maioria das vezes, o foco das discussões sobre o meio ambiente, uma vez que existe pressão internacional para redução de emissão de gases poluentes e de políticas eficientes de combate aos mais diversos tipos de poluição. O uso consciente de recursos e a implementação de estratégias de inovação buscam um crescimento e um desenvolvimento econômico que seja sustentável no século XXI (OCDE, 2009).

A OCDE, organização que reúne diversos países de grande potencial econômico de todo o planeta, destaca em seu relatório denominado *Eco-Innovation in Industry: Enabling Green Growth*:

A expansão da atividade econômica nas últimas décadas tem sido acompanhada de crescentes preocupações ambientais em escala global. Incluem-se as alterações climáticas, a segurança energética e a crescente escassez de recursos. Em resposta, as indústrias de manufatura mostraram recentemente um maior interesse na produção sustentável (manufatura sustentável) e na realização de inúmeras iniciativas de responsabilidade social corporativa (RSC). Mesmo assim, o progresso incremental

fica muito aquém do cumprimento destes desafios e melhorias na eficiência em algumas regiões foram, em muitos casos, compensadas por volumes crescentes de consumo e crescimento em outras regiões (OCDE, 2009, p. 3, tradução do autor).

Vale destacar ainda a Organização das Nações Unidas, a qual traz entre alguns dos 17 objetivos para um desenvolvimento sustentável até 2030: assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos; construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação; assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis; tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos; conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável; e, proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade (NAÇÕES UNIDAS, 2015).

Na contramão do que a OCDE e a ONU desenvolvem como norte de um desenvolvimento sustentável possível, tem-se a atividade das indústrias manufatureiras, as quais são mundialmente as maiores consumidoras de recursos e de geração de resíduos. Segundo a OCDE, elas foram responsáveis por 36% das emissões de dióxido de carbono no planeta, destacando-se que neste número não se inclui a extração de matérias primas e o uso de produtos manufaturados, ou seja, o número seria ainda maior do que os dados revelam. Outro ponto é a análise do aumento do consumo de energia por parte das indústrias, pois num espaço temporal de cerca de trinta anos (1971-2004), o consumo médio de energia cresceu 61%. (OCDE, 2009).

No entanto, cabe uma ressalva. Atualmente, as normas reguladoras para as atividades industriais possuem maior preocupação com os níveis de poluição dessas indústrias, existindo, ao menos em teoria, maior rigor e pressão mundial por redução na emissão de gases, além de uso racional de recursos, os quais são naturalmente escassos. Ademais, as indústrias dentro da própria lógica do capitalismo, tem por fim principal maiores lucros, maior eficiência produtiva e competitividade (OCDE, 2009).

Para desmistificar essa ideia de que as indústrias estão cada vez mais preocupadas com as questões de sustentabilidade, Luiz Marques em *Capitalismo e Colapso Ambiental* (MARQUES, 2017) defende que a dinâmica capitalista implica necessariamente em ações que vão de encontro aos princípios ambientais e às políticas de defesa da natureza. Da maneira como o capitalismo contemporâneo vem extraindo os recursos do planeta e a lógica de

ampliação do consumo vem se desenvolvendo, o mundo caminha pra um colapso ambiental iminente.

Na questão do desmatamento, por exemplo, observa-se que entre 1800 e 2010, períodos que podem remontar todo o desenvolvimento econômico capitalista global a partir da Primeira Revolução Industrial, o mundo perdeu cerca de 10 milhões de quilômetros quadrados de florestas. O estimado para toda a história do planeta nos anos anteriores a 1800 é de uma perda de cerca de 8 milhões de quilômetros quadrados. Os números são ainda piores se considerarmos que existem apenas 40 milhões de km² de florestas na Terra, com cerca de 2,79 km² (7% do total) de matas replantadas, ou seja, biologicamente mais pobres com um solo modificado (MARQUES, 2017, p.77-81).

Empiricamente, é observável que os problemas climáticos já são uma realidade em todo o globo. Em 2019, nos nove primeiros meses foi observado um aumento de 20% no número de queimadas no bioma Amazônia (G1, 2019). As queimadas podem ser entendidas de duas formas, que são de qualquer forma uma ameaça a qualidade de vida no planeta: por um lado, políticas ambientais menos efetivas e maior tolerância por parte do governo brasileiro; e por outro, os impactos consequentes do aumento do aquecimento global a cada ano.

Quando se pensa nos recursos hídricos de todo o planeta, o cenário também assusta. Grande parte do aumento no consumo de água no planeta se deve ao grande aumento demográfico observado do início do século XX até a atualidade, de cerca de dois bilhões de pessoas no início do século passado, para os mais de sete bilhões atuais. Mas se observarmos o período entre 1990-2010, observamos que a população cresceu cerca de 20% (de 5,3 bilhões para 6,8 bilhões), enquanto o consumo de água cresceu 100% (MARQUES, 2017, p.133-134).

Acredita-se que atualmente 80% da população mundial estariam sob o risco de ficar sem qualquer fonte de água potável. Além disso, em uma pesquisa elaborada pela *University of Twente*, de cerca de 405 bacias hidrográficas analisadas, 201 já sofrem escassez hídrica aguda pelo menos em um mês do ano, ou seja, 49,6% das bacias analisadas no estudo. Durante o 13º Congresso Internacional de Lagos, em 2009, mostrou-se que cerca de 50 mil lagos no mundo todo, naturais e artificiais, estariam secando ou se degradando, de modo que, nos 167 dos maiores lagos do planeta, observou-se uma temperatura de aquecimento até sete vezes da região e do período analisado (MARQUES, 2017, p. 137-138, 144).

Em 2019, o continente europeu observou temperaturas recordes em toda a história da medição da temperatura no continente. França, Alemanha e Holanda são exemplos de países que tiveram os maiores índices de temperatura desde o início das medições há 60 anos. “As temperaturas na região de Gard, no sul da França, atingiram a alta recorde de 45,9 graus Celsius

na sexta-feira – mais quente do que no Vale da Morte, na Califórnia – provocando dezenas de incêndios que queimaram 550 hectares e destruíram várias casas e veículos” (EXAME, 2019).

Ainda se observa a extrema degradação dos solos em todo mundo e uma intensificação dos processos de desertificação dessas áreas. Em um relatório publicado pela UNCCD (Convenção das Nações Unidas para o Combate à Desertificação), cerca de 12 milhões de hectares (120 mil km²) de terra produtiva ficam estéreis (improdutivos) todos os anos. Isso se deve à seca e à desertificação consequente, perdendo-se uma área capaz de produzir 20 milhões de toneladas de grãos por ano (UNCCD, 2014, p.4). Em todo o globo, já existe um terço parcialmente ou totalmente degradado devido à erosão, salinização, acidificação ou poluição química. Existe, ainda, um risco iminente para a pedodiversidade (variabilidade de solos em uma região) em todo o globo, com uma homogeneização observada com riscos à manutenção da biodiversidade em diversas regiões (MARQUES, 2017, p. 158-159).

No mundo todo observa-se ainda mudanças climáticas, que estão diretamente ligadas aos inúmeros poluentes que são lançados para a atmosfera todos os dias. Os principais gases poluidores contêm carbono (metano (CH₄) e o dióxido de carbono (CO₂)). Os processos industriais envolvem a liberação de carbono para a atmosfera, seja por meio de queima de combustíveis fósseis, incêndios, pelo desmatamento, entre outros fatores. Por isso, é interessante analisar que antes da Primeira Revolução Industrial havia certo equilíbrio entre os processos químicos naturais, como a liberação de dióxido de carbono pelos seres humanos na respiração, e a absorção e transformação deste em oxigênio pela natureza (árvores e algas marinhas, por exemplo). Contudo, a partir do desenvolvimento da indústria e do capitalismo, observou-se um aumento gradativo na presença de carbono na atmosfera, e intensificação de mudanças climáticas em todo o globo (MARQUES, 2017, p. 309-313).

Um dos focos deste capítulo do trabalho está justamente na utilização desses combustíveis fósseis e como isso impacta diretamente em diversas questões ambientais em todo o globo. Um exemplo é a poluição gerada pelos resíduos envolvidos na produção e no refino dos mais diversos produtos que possuem o petróleo como base, bem como os processos de extração e de transporte dessa importante matriz energética (MARQUES, 2017, p.241-242).

3.2. A exploração, a produção e o consumo de petróleo e derivados

Pode-se imaginar que a atividade petrolífera tem um impacto direto em mares e oceanos, mas vale destacar ainda o petróleo não convencional, o qual é responsável pela poluição em terra. A América do Norte (destacando-se Canadá e EUA) destaca-se na utilização

do chamado petróleo não convencional, o qual é extraído de areias betuminosas e de rochas de xisto por hidrofracionamento, não necessitando de qualquer atividade marinha para obtenção da fonte energética. Isso, contudo, implicou em uma nova ameaça ambiental pois aumentaram os acidentes terrestres envolvendo o derramamento de petróleo. Somente em 2013, foi derramado mais petróleo em solo estadunidense do que a soma de 1975 a 2012 (MARQUES, 2017, p. 242).

Apesar disso, os acidentes em nível marinho são ainda muito superiores. A poluição marítima advém de cinco fontes principais. A maior delas, representando 45% do total, seria a deposição no mar de partículas lançadas à atmosfera, as quais podem ser emitidas por combustão ou provenientes de efluentes municipais e industriais ou de plataformas marítimas. A partir destes dados é interessante analisar que existe uma forte ligação entre a atividade manufatureira e a principal causa de poluição marítima pelo petróleo (MARQUES, 2017, p. 243).

As outras quatro fontes de poluição por petróleo a nível marítimo são: operações, em sua maioria ilegais, que envolvem descargas e lavagens de tanques (35%); desastres em petroleiros (10%); fontes naturais (5%); e fontes indefinidas (5%). Algumas descargas de petróleo no mar são entendidas como legais pois envolvem concentrações inferiores a 15 partes por milhão do combustível fóssil, mas vale ressaltar que quando todas essas pequenas concentrações de petróleo são analisadas em conjunto, podem representar uma fatia representativa da poluição nos oceanos de todo o mundo (MARQUES, 2017, p. 243).

Os impactos de longo prazo do derramamento de petróleo são incalculáveis no curto prazo. Dois exemplos de vazamento de óleo na história recente podem ajudar a explicar essa teoria. O vazamento no caso Exxon-Valdez em 1989 no Alasca só pôde ser estudado 10 anos após o incidente. Já no caso do Golfo do México, mais recente, já se identificou uma zona mortífera de mais de 210 km² em torno do local de explosão, gerando a morte naquela época de várias espécies de animais marinhos, de seus filhotes e de pássaros (mais de 201 mil pelicanos, em um total de mais de 800 mil pássaros afetados) que se alimentavam dos peixes na região. Isso porque ainda não é possível identificar todos os efeitos de longo prazo na região, com perdas incalculáveis para o meio ambiente. Apesar da companhia BP afirmar que os danos causados naquela região já terem sido superados, ainda existiam mais de 200 milhas de costas sujas pelo derramamento de óleo em 2015 (MARQUES, 2017, p.246-247).

Existe uma falsa ilusão de que o consumo de petróleo tem diminuído nos últimos anos em função do surgimento de diversas novas formas de energias limpas. O que se observa, na verdade, é um efeito tão paradoxal quanto preocupante. A produção de petróleo tem declinado

a uma taxa de 6% ao ano desde 2005, ano em que pode ser considerado o pico de produção. Mas o consumo tem aumentado em uma proporção muito mais alta do que a descoberta de novos poços. Em 2005 acreditava-se que a cada 3 barris consumidos de petróleo, descobria-se um novo, uma situação que já tenderia ao colapso. Mas dados de 2015 apontam que novas perspectivas apontam que a cada 5 barris “queimados”, um novo é descoberto (MARQUES, 2017, p. 256-257).

Em apenas 20 anos, de 1995 a 2015, a demanda global de petróleo cresceu cerca de 34%, e os dados e projeções futuras apontam que há tendência de crescimento a partir de 2012. Neste mesmo ano, a demanda foi cerca de 89,17 milhões de barris de petróleo, e as previsões para 2040 são de cerca de 104 milhões de barris. O aumento percentual pode parecer pequeno, mas a redução nas descobertas de novos poços e a consequente redução exponencial do recurso finito em todo o globo podem ser um agravante para a economia mundial (MARQUES, 2017, p 253-254).

Na segunda metade do período supramencionado estaria o “Pico do petróleo convencional”. Marques (2017) explica que entre 2005 e 2015 inicia um período de finitude explícita da fonte energética. No início da exploração, estudiosos acreditavam que o pico seria atingido na década de 1970, mas as descobertas de novos poços postergaram a disponibilidade da matriz energética para o século XXI. Apesar do pico estar na faixa entre os anos supramencionados, a exploração do petróleo não convencional é o que garante que a exploração seja retardada em parte, em um cenário otimista, até o final da década de 2020 (MARQUES, 2017, p. 256-257).

Segundo os dados apresentados em 2012, o transporte rodoviário era responsável por metade do consumo de petróleo (50%), seguido por calefação e energia (18%), uso do petróleo como não combustível (16%), transporte aéreo (8%) e transporte marítimo (8%) (MARQUES, 2017, p 253-254).

Alguns estudiosos até podem fazer uma associação de possíveis diminuições do custo por barril de petróleo, vivenciadas em anos anteriores, a uma possível ampliação na descoberta de reservas e possível postergação da existência da matriz energética, ou seja, baseando-se na ampliação da oferta com possíveis novas descobertas de poços ao redor do globo. Contudo, conforme é destacado por Felipe Coutinho (2017), deve-se inferir que o custo para produzir um barril de petróleo na atualidade é muito superior aos da época em que o combustível começou a ser utilizado no mundo.

Coutinho apresenta cálculos que reforçam essa ideia, baseando-se nos investimentos das grandes companhias para exploração e produção de petróleo. Segundo dados do autor, entre

1985 e 2002, os investimentos variaram entre 100 e 200 bilhões de dólares, e a produção passou de 56 para 67 milhões de barris de petróleo por dia. Já no período que compreende 2002 a 2016, os investimentos saltaram para uma faixa que varia de 200 a 630 bilhões de dólares, enquanto a produção se elevou apenas de 67 para 80 milhões de barris por dia (COUTINHO, 2017).

A partir dos dados dos investimentos e da produção, o autor demonstra que, em média, a razão entre investimento e produção pode ser dada por: 2.495 (no período de 1985 e 2002) e 5.720 (entre os anos de 2002 e 2016). Segundo o autor, isso demonstra que possíveis reduções no preço do barril de petróleo não estão associadas à maior oferta da fonte energética, mas sim, à alta especulação em torno do produto. Ele ainda afirma que “o custo de se encontrar e produzir um barril adicional de petróleo se multiplicou em 3,6 vezes desde 1985” (COUTINHO, 2017).

Marques (2017) reforça essa ideia ao apresentar o índice Eroeí (*energy returned on energy invested*), o qual pode ser entendido como uma mensuração entre nível de energia efetivamente produzido em relação aos investimentos no mesmo. O Eroeí no início da utilização do petróleo era dado em uma razão de 1:100. Ou seja, a cada investimento de energia equivalente a um barril de petróleo, obtinha-se um retorno de cem barris de petróleo. Na atualidade, as estimativas indicam que em escala global, a proporção já esteja se aproximando de uma razão de 1:1, a qual deve ser atingida, segundo especialistas, em meados de 2022 (MARQUES, 2017, p. 256).

Um bom exemplo para a situação explanada acima é a exploração do Pré-Sal no Brasil. Com os valores atuais envolvidos em exploração, produção e comercialização do petróleo, cerca de metade das reservas do Pré-Sal são inviáveis, segundo a EPE (Empresa de Pesquisa Energética). A própria Câmara dos Deputados, em seu documento que tratava da possível exploração do Pré-Sal em 2009, afirmava que a exploração traria um grande desafio econômico, visto que os custos envolvidos no processo seriam aproximadamente 50% superiores às explorações convencionais em atividade no país àquela época (HIRATA, 2019; CAMARA, 2009).

Marques (2017) vai além dessa perspectiva já negativa no processo exploratório do recurso energético. Segundo ele, a escassez do petróleo leva a processos com impactos ambientais cada vez mais preocupantes, uma vez que essas explorações ocorrem mais frequentemente em zonas de maiores riscos ambientais. Um exemplo é a exploração não convencional, a qual tem trazido perturbações no ambiente em uma escala nunca outrora presenciada no planeta. As areias betuminosas no Canadá, por exemplo, já impactaram no corte raso de 800 km² de florestas boreais. Além disso, o processo envolve gastos excessivos de água,

visto que para produzir um galão de petróleo (3,7 litros), é necessário um consumo de 130 litros de água (MARQUES, 2017, p. 260-261).

3.3. A regressão ao carvão

Luiz Marques define o carvão mineral como o pior dos combustíveis fósseis. O mineral é menos eficiente que o petróleo e o gás natural, por exemplo, e ainda possui níveis maiores de poluição. “O carvão polui o ar, as águas e os solos em todas as fases de seu ciclo industrial, da extração ao transporte, à lavagem, à queima, aos rejeitos após a queima e aos impactos ambientais das minas abandonadas” (MARQUES, 2017, p. 297).

Como definição de carvão mineral, temos a de Campos e outros autores no excelente artigo “*Impactos no solo provocados pela mineração e depósito de rejeitos de carvão mineral*”:

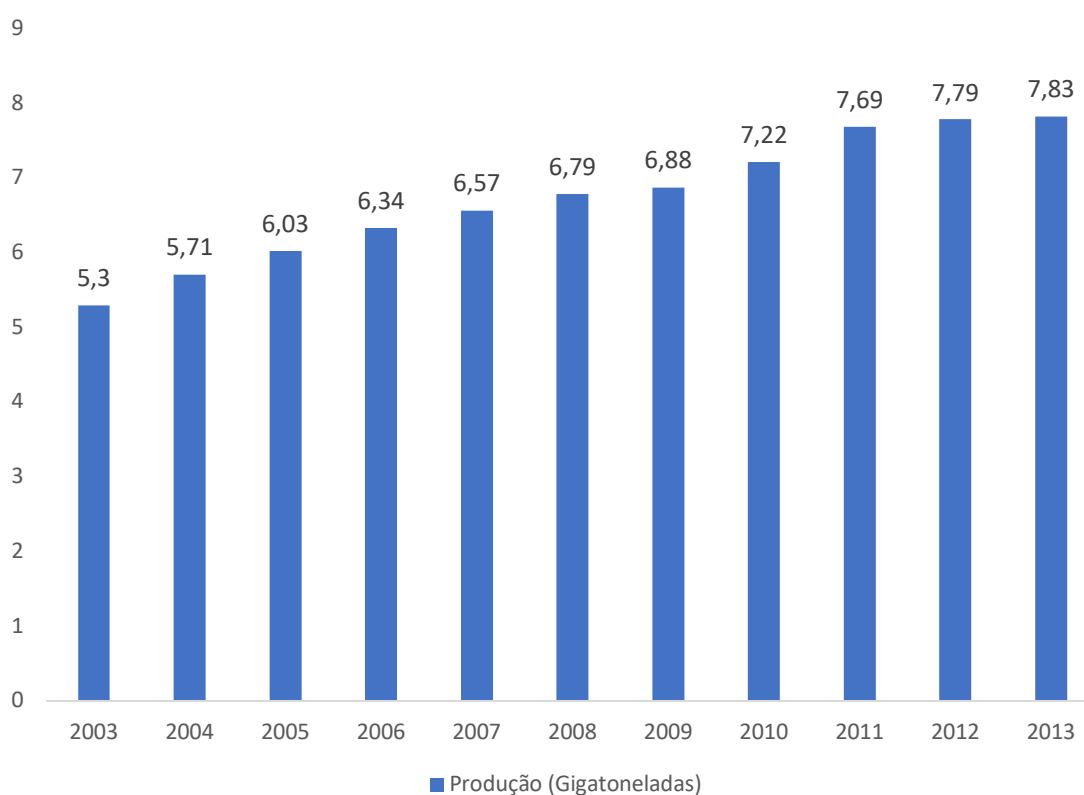
O carvão mineral é uma rocha sedimentar combustível, formada a partir de determinados vegetais que sofreram soterramento em bacias originalmente pouco profundas. Fatores como a pressão, a temperatura, a tectônica e o seu tempo de atuação, determinaram a carbonificação gradativa da matéria vegetal original, que sofreu modificações significativas com a perda de O₂ e H₂O e enriquecimento em carbono (CAMPOS et. al, 2009).

No Brasil, o carvão mineral é o mais abundante dos combustíveis fósseis. Apesar de o petróleo e o gás natural terem maior frequência na mídia e nas pautas dos governos, o recurso mineral constitui cerca de dois a cada três recursos energéticos não renováveis no país. Os dados apresentados em um estudo de 2009 apontou que as reservas de carvão mineral eram aproximadamente 20 vezes maiores do que as de petróleo e 75 vezes maiores do que as de gás natural (CAMPOS et. al, 2009). Contudo, vale destacar que os dados são anteriores as descobertas dos poços no Pré-Sal, mas de qualquer forma constituem uma matriz energética abundante em solo nacional.

Luiz Marques classifica como regressão ao carvão o momento atual em que vivemos, mesmo considerando que os países estão com uma tendência de diminuição no uso do carvão mineral em suas produções energéticas. Segundo o autor, mesmo com as reduções na utilização do mineral, existe uma tendência crescente de uso em países-chave. Ou seja, os países com crescente peso demográfico e econômico ainda são muito dependentes da utilização do recurso (MARQUES, 2017, p. 281).

Mesmo com políticas de redução no uso de carvão mineral por grandes potências, como China e EUA no início deste século, a produção da fonte energética sofreu aumentos consecutivos, conforme ilustrado por Marques no Gráfico 1. É possível perceber, que entre 2003 e 2013, o aumento percentual na produção foi de cerca de 48%. Ou seja, por mais que as políticas e os discursos demonstrem maior preocupação com a utilização do mineral, o que se vê a partir dos dados apresentados a seguir é não só uma manutenção do seu uso, mas também como um aumento gradativo ano após ano (MARQUES, 2017, p. 281-282).

GRÁFICO 1 – Produção Mundial de Carvão em gigatoneladas (Gt) entre 2003 e 2013.



Fonte: MARQUES, 2017, p. 282, elaboração própria

É possível perceber, no entanto, que entre 2011 e 2013 houve uma tendência de estabilização na produção. Contudo, Marques (2017) reforça a tese de que a manutenção não significa benefícios às causas ambientais, uma vez que a lógica de crescimento anterior já era extremamente danosa ao Meio Ambiente. Segundo o autor, o não crescimento da produção também pode ser associado a finitude do recurso, não necessariamente significando maiores preocupações ambientais, mas possíveis postergações na utilização da matriz energética (MARQUES, 2017, p. 281-282).

Para reforçar a dimensão do problema observado, Marques explica de forma concreta o que significa uma gigatonelada de carvão mineral: “Uma Gt é mais que duas Muralhas da China que tem 6250 quilômetros de comprimento”. Ou seja, a tendência de desaceleração pode até trazer uma falsa sensação de melhoria, contudo, são números que se permanecerem estáticos ano após ano, ainda indicam uma grave ameaça à sobrevivência da biodiversidade (MARQUES, 2017, p. 281-286).

Os dados de 2014 e 2015 mostram que houve um decréscimo da produção. As projeções de 2014 apontam para cerca de 0,7% de declínio, com uma contribuição importante da China (onde o declínio foi de 2,6%). Contudo, o consumo foi ampliado no mesmo ano a taxas próximas a 0,4%. Uma análise do caso nos permite inferir que mesmo que a produção possua um declínio expressivo a níveis globais, existe infelizmente uma tendência ainda crescente no consumo do recurso mineral (MARQUES, 2017, p. 282-283).

Dados de 2015 ainda mostraram que o carvão mineral era ainda a principal fonte para produção de energia elétrica em todo mundo. Cerca de 62% de toda a produção de energia estavam concentrados na geração a partir da queima do carvão. Para fins de comparação, a energia solar, considerada uma das mais “limpas” existentes, representa apenas 0,1% em nível global (MORAIS, 2015, p.48).

Além disso, as projeções para 2030 são desanimadoras. Apesar de se prever um recuo na participação do carvão como fonte de energia primária em regiões onde está concentrada as maiores economias e populações do globo (EUA, China, Japão, União Europeia, Brasil e Índia), os números ainda seriam preocupantes. Os dados de 2010 mostram que cerca de 71% da energia primária gerada nessas regiões advinham da queima de carvão mineral e as perspectivas para 2030, apesar de indicarem uma queda considerável, ainda preservariam 58% da produção utilizando o combustível fóssil (MARQUES, 2017, p. 283).

Mas afinal, quais seriam os impactos da queima do carvão mineral para o Meio Ambiente? Luiz Marques explica que o combustível fóssil é o principal fator envolvido no aumento de dióxido de Carbono na atmosfera, impactando no crescente aquecimento global vivido na atualidade. Segundo dados apresentados pelo autor, mais de 60% no aumento das emissões de CO₂ na atmosfera devem-se à queima de carvão mineral para produção de energia elétrica e calor (MARQUES, 2017, p. 286).

Em um estudo sobre o carvão mineral, realizado pela Agência Nacional de Minérios, a economista Telma Monreal Cano mostra que o valor atribuído ao mineral está diretamente

relacionado ao teor de carbono presente nele. Pode-se inferir, baseando-se pelo estudo publicado pela agência e pela teoria desenvolvida por Marques, na existência de uma relação diretamente proporcional entre maior poluição (devido a maior liberação de dióxido de carbono na atmosfera) e maiores lucros para empresas que utilizam a fonte energética (CANO, 2007; MARQUES, 2017, p. 286-289).

O carbono é o principal elemento presente no carvão mineral, embora sejam encontradas em sua composição outras substâncias, como o enxofre, nitrogênio, oxigênio e hidrogênio. O teor de carbono é importante porque ele determina a maturidade geológica deste mineral, denominada rank, ou seja, o estágio de carbonificação atingido na sequência evolutiva. A umidade, o poder calorífico, os teores de carbono e hidrogênio ou a fluorescência, são propriedades que permitem estimar o rank, uma vez que a elevação da carbonificação aumenta o poder refletor e reduz o hidrogênio e as matérias voláteis (CANO, 2007).

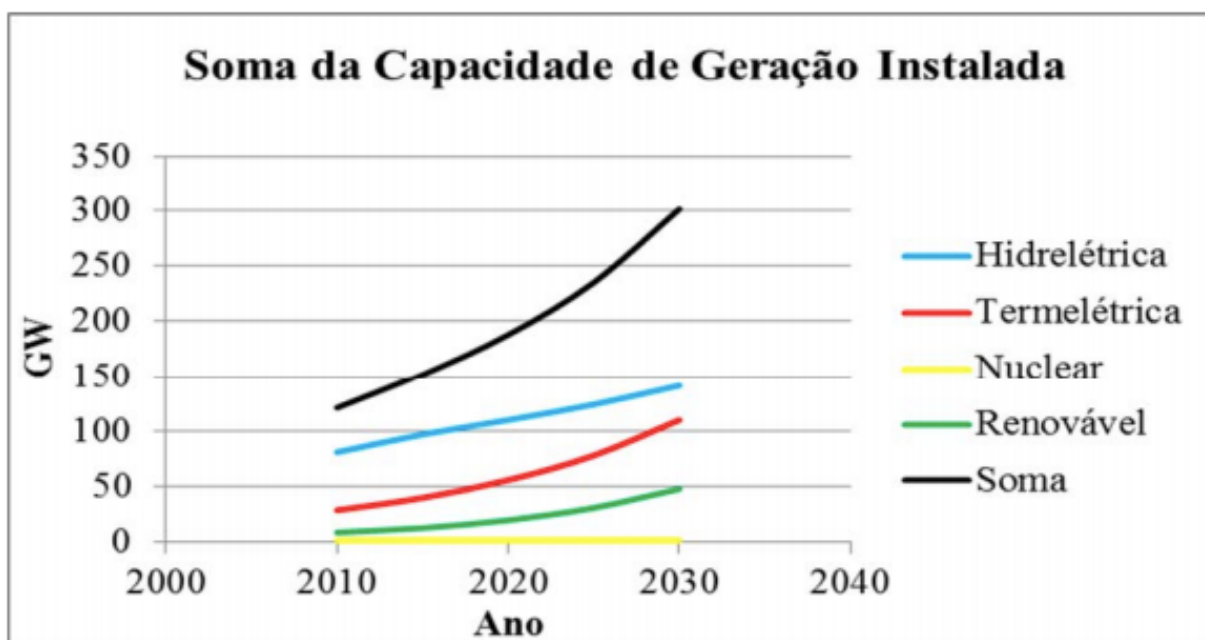
Luiz Marques ainda reserva um espaço no capítulo dedicado ao carvão mineral para mostrar a atual situação das termelétricas no mundo. Elas constituem o principal destino da produção de carvão mineral no mundo, mas vale destacar que nem todas as termelétricas utilizam necessariamente o carvão mineral como fonte energética, mas todas utilizam combustíveis fósseis (carvão mineral, petróleo, gás natural, derivados, etc) para geração de energia (MARQUES, 2017, p.293-294).

Além disso, Marques mostra um exemplo preocupante na China, visto que o país construiu, entre 2007 e 2011, duas usinas termelétricas por semana. As usinas de produção de energia elétrica a partir da queima do carvão mineral geram cada uma cerca de 3 milhões de toneladas de dióxido de carbono por ano. Além disso, o problema intensifica-se ainda mais devido à aprovação do governo de Pequim para novas minas de exploração de carvão mineral em 2013, elevando a capacidade de exploração para mais de 100 milhões de toneladas (MARQUES, 2017, p.293-294).

No Brasil, existe uma tendência de ampliação na produção de energia a partir das termelétricas. No entanto, cabe uma ressalva: o aumento não está diretamente relacionado a ampliação no uso do carvão mineral como fonte energética, mas sim na soma de todos os combustíveis fósseis. Ou seja, mesmo que não seja utilizando o mais poluente dos combustíveis, ainda assim existe uma tendência de crescimento na utilização de fontes não-renováveis para geração de energia elétrica no Brasil (MORAIS, 2015).

Luciano Cardoso de Moraes, em sua tese de mestrado em 2015, mostrou um panorama sobre o futuro da geração de energia no país. Conforme dito anteriormente, a maior previsão de crescimento percentual na geração de energia elétrica será das usinas termelétricas, como é mostrado na Figura 5 a seguir. A partir do cenário previsto por Moraes, é possível perceber que a capacidade de geração de energia em 2030 será mais que o dobro da existente em 2010, todavia o percentual de fontes renováveis será ainda inferior a 17% do total e as termelétricas ainda serão a segunda maior fonte de energia elétrica no país (MORAIS, 2015, p.69).

FIGURA 5 – Previsão para o futuro da geração de energia elétrica no Brasil.



Fonte: MORAIS, 2015, p. 69

3.4. A produção de lixo

Outra grave ameaça à manutenção da biodiversidade na Terra é o aumento contínuo e desenfreado da produção de lixo em todo planeta. Se todos os seres humanos possuem a morte como única certeza na vida, pode-se dizer que o lixo tem papel análogo durante o processo de produção dos mais diversos produtos. De tudo que é produzido, incluindo-se a energia necessária para se produzir um bem e de todo o material utilizado na sua fabricação, tem-se um resultado tão óbvio quanto assustador: 97% transformados em lixo. O dado apresentado por Luiz Marques é fruto dos cálculos elaborados por Ray Anderson, um empresário que buscou

entender quais eram os impactos diretos das indústrias no Meio Ambiente (MARQUES, 2017, p. 187-188; RAY, 2019).

Marques apresenta três fatores que aumentam a urgência relacionada à produção de lixo: a obsolescência programada, a “neofilia” ou obsolescência subjetiva, e a emergência do crédito ao consumidor e a mudança de conceito de “crédito”. A partir dos três tópicos, o autor desenvolve a sua teoria que leva ao capitalismo do século XXI, ou em suas palavras, o mundo vivido por *Wall-E* na animação dos estúdios Disney (MARQUES, 2017, p.189-191).

O primeiro fator, a obsolescência programada nada mais é do que a criação do conceito de vida útil. Os produtos atualmente já vêm com um prazo de validade predeterminado, mesmo que sua vida útil pudesse ser ampliada. A lógica do consumo é não só destrutiva para a ampliação da escassez de recursos, mas também para a inutilização e consequente descarte desses na natureza após um período. Um exemplo para essa obsolescência é a limitação da vida útil de lâmpadas. Acredita-se que a “vida” das lâmpadas seria muito superior àquela vista atualmente, mas a necessidade de ampliação de consumo as inutiliza em um tempo substancialmente menor do que se esperaria (MARQUES, 2017, p. 189).

Em seguida, a “neofilia” ou obsolescência subjetiva está associada às técnicas de publicidade que levam a um consumismo compulsivo. Obviamente, a criação de necessidades é um fator que leva ao crescimento da produção de resíduos, uma vez que produtos não necessariamente fundamentais passam a ser motivo de uma busca incansável por mais “conforto”. A alegoria apresentada por Marx no “fetiche da mercadoria” é utilizada por Marques para explicar que, embora ela pareça suficiente para explicar a troca constante de aparelhos celulares na atualidade, o processo contemporâneo permite inferir que o fetiche termina quando um novo e mais moderno *smartphone* é apresentado pelas gigantes tecnológicas. É possível entender que a obsolescência subjetiva não é causada necessariamente pelo surgimento de uma nova tecnologia ou produto, mas sim, pela perda de sentido no produto antecedente (MARQUES, 2017, p. 189-190).

O último fator está relacionado ao conceito de “crédito”. Marques associa um imediatismo de consumo pela população na atualidade para mostrar que as facilidades trazidas pelo crédito são na verdade um fator preocupante para as questões ambientais. As teorias econômicas associam o crédito à ampliação do consumo, e logo, pode-se inferir que existe uma relação diretamente proporcional entre o consumo e as consequentes produções de resíduos no planeta (MARQUES, 2017, p. 190).

De todos os materiais de resíduos não orgânicos produzidos pelos seres humanos, talvez o que esteja em maior evidência seja o plástico. O conceito de plástico pode ser entendido

como os diferentes polímeros produzidos a partir do petróleo. O material teve a ampliação do seu uso a partir do final da Segunda Guerra e passou a ser utilizado pela publicidade como aquele que traria maior comodidade: “produtos descartáveis são um modo inovativo de tornar a vida mais fácil” (MARQUES, 2017, p. 197-199).

Um estudo feito no início de 2019 pelo WWF (*World Wide Fund*), uma organização sem fins lucrativos, apresentou o grave problema causado pela poluição a partir de plástico. Destacaram que a invenção do plástico trouxe muitos avanços para sociedade, mas essa característica descartável do produto é o que leva atualmente às graves ameaças ao meio ambiente:

O plástico não é inerentemente nocivo. É uma invenção criada pelo homem que gerou benefícios significativos para a sociedade. Infelizmente, a maneira com a qual indústrias e governos lidaram com o plástico e a maneira com a qual a sociedade o converteu em uma conveniência descartável de uso único transformou esta inovação em um desastre ambiental mundial (WWF, 2019).

Marques retrata que o plástico teve seu *status* alterado de grande inovação para um “sinônimo de mercadoria qualquer, feita na China, barata e efêmera” (MARQUES, 2017, p. 199). O fenômeno apresentado no texto reflete os impactos atuais da geração de lixo a partir de materiais feitos de plástico. Os dados são tão alarmantes que já se fala em uma platisfera, tal como os conceitos de hidrosfera e litosfera, uma vez que as quantidades de resíduos oriundos desses polímeros em todo o globo são assustadoras (MARQUES, 2017, p.199-200).

O estudo do WWF mostra que o plástico é diretamente responsável por má qualidade do ar, do solo e dos sistemas de fornecimento de água. Além disso, os “impactos diretos (da utilização do plástico) estão relacionados à não regulamentação global do tratamento de resíduos de plástico, ingestão de micro e nanoplásticos (invisível aos olhos) e contaminação do solo com resíduos” (WWF, 2019).

Luiz Marques mostra que a produção mundial de plástico cresceu de 1,7 milhão de toneladas em 1950 para cerca de 47 milhões de toneladas em 1976. Além disso, os dados demonstram que houve uma tendência de crescimento nos últimos anos. A produção em 1989 estava próxima de 100 milhões de toneladas, enquanto em 2013 a mesma já se aproximava de 300 milhões (MARQUES, 2017, p. 200).

O WWF complementa as informações trazidas por Marques no cenário de 2019, refletindo uma necessidade de novas políticas para utilização do plástico no Brasil. O país é o

quarto maior mercado consumidor de plástico do mundo e, entre os dez maiores consumidores, é aquele que menos o recicla. A Tabela 1 a seguir mostra que os dados no mundo todo ainda são preocupantes, e demonstra como o Brasil ainda está extremamente atrasado em políticas eficientes de utilização do produto em todo o mundo: (WWF, 2019)

Tabela 1: Relação entre produção e reciclagem do plástico entre os onze países que mais o produzem.

País	Total de lixo plástico gerado (em toneladas)*	Total incinerado	Total reciclado	Relação produção e reciclagem
EUA	70.782.577	9.060.170	24.490.772	34,60%
China	54.740.659	11.988.226	12.000.331	21,92%
Índia	19.311.663	14.544	1.105.677	5,73%
Brasil	11.355.220	0	145.043	1,28%
Indonésia	9.885.081	0	362.070	3,66%
Rússia	8.948.132	0	320.088	3,58%
Alemanha	8.286.827	4.876.027	3.143.700	37,94%
Reino Unido	7.994.284	2.620.394	2.513.856	31,45%
Japão	7.146.514	6.642.428	405.834	5,68%
Canadá	6.696.763	207.354	1.423.139	21,25%

Fonte: WWF (2019), elaboração própria, grifo do autor

Nota:

*Valor total de lixo plástico descartado em resíduos sólidos urbanos, resíduos industriais, resíduos de construção, lixo eletrônico e resíduos agrícolas, na fabricação de produtos durante um ano.

Analisando as porcentagens da terceira e da quinta coluna da tabela pode-se fazer uma inferência incorreta da situação atual. Os EUA seriam o primeiro (na terceira coluna) ou o segundo (na quinta coluna) país que mais reciclaria seus produtos plásticos no mundo. Contudo, a tabela quando refeita, com o objetivo de mostrar quanto cada país efetivamente não recicla ou incinera seria o indicado pela Tabela 2:

Tabela 2: Total de lixo plástico produzido e não reciclado pelos onze maiores consumidores no mundo.

País	Total de lixo plástico não reciclado	Total incinerado
EUA	46.291.805	9.060.170
China	42.740.328	11.988.226
Índia	18.205.986	14.544
Brasil	11.210.177	0
Indonésia	9.523.011	0
Rússia	8.628.044	0
Japão	6.740.680	6.642.428
Reino Unido	5.480.428	2.620.394
Canadá	5.273.624	207.354
Alemanha	5.143.127	4.876.027

Fonte: WWF (2019), elaboração própria

Em síntese, percebe-se que por mais que os EUA sejam, em porcentagem, o segundo país que mais recicla plástico no mundo, quando analisamos a grande quantidade produzida pelo mesmo país, observa-se que são os que mais descartam o produto na natureza em todo o globo. É possível ainda utilizar o argumento de Marques (2017) e concluir que quanto maiores são as economias, maior também será a contribuição para o aumento da poluição por plástico e derivados no mundo.

3.5. Razões para ceticismo ou pessimismo

Como visto ao longo dos três capítulos, cabe uma pergunta final: existe possibilidade de prosperar com um colapso ambiental iminente? Baseando-se nas duas maiores correntes econômicas voltadas a sustentabilidade (vide primeiro capítulo), seria possível concluir de duas formas diferentes: sim (em um cenário otimista, com foco nas correntes neoclássicas da economia ambiental) ou não (em uma análise cética ou pessimista, com os argumentos levantados pela economia ecológica).

De forma resumida, pode-se analisar a conjuntura ambiental em todo o planeta como se segue no Quadro 4:

Quadro 4 – Possíveis saídas

	É possível continuar prosperando?	
	SIM	NÃO
Visão	Pensamento otimista	Pensamento cético / pessimista
Arcabouço Teórico	Correntes Neoclássicas Ambientais	Correntes da Economia Ecológica
Por quê?	As eco-inovações são suficientes para suprir os danos ambientais.	A lógica de consumo e acumulação do capitalismo e o Efeito Rebote são catalisadores para a ampliação dos danos.

De acordo com o que foi expresso ao longo do primeiro capítulo, pode-se entender que a economia ecológica não descarta os benefícios da economia ambiental neoclássica, e logo, as eco-inovações vão ao encontro dos objetivos dessas correntes econômicas. Contudo, no sistema capitalista, a lógica de acumulação e de consumo não são compatíveis com os objetivos de sustentabilidade almejados.

Na segunda parte de *Capitalismo e Colapso Ambiental*, Luiz Marques apresenta três ilusões concêntricas. A primeira delas traz a ilusão de um capitalismo sustentável; a segunda apresenta uma falsa noção de que quanto maiores forem os excedentes, maior será a segurança; e por fim a ilusão antropocêntrica, como uma síntese dos dois outros tópicos (MARQUES, 2017, p. 603-604).

O primeiro argumento é o que melhor auxilia para encontrar uma possível saída. Para mostrar que o capitalismo é, por essência, obrigatoriamente não-sustentável, Marques mostra que os objetivos das nações no passado, quando com algum tipo de viés ambiental, já previa um impacto desastroso do sistema capitalista em relação ao meio ambiente. As preocupações da ONU em 2009 eram a elevação não maior que dois graus centígrados na temperatura do planeta em 2015 e o objetivo era regular o capitalismo para minimizar os impactos que já eram esperados. O capitalismo, segundo o autor, não funciona de acordos com os marcos regulatórios das organizações internacionais, e ainda pode-se entender que uma economia capitalista, por essência, não possui marcos ecológicos (MARQUES, 2017, p. 529-531).

As dez propostas “terapêuticas” de Nicholas Stern e Felipe Calderón, que buscam reduzir em até 96% os impactos ambientais em todo globo até 2030, são insuficientes e revelam para Marques as confissões de insustentabilidade ambiental do capitalismo⁶ (TARSO, 2015;

⁶ Marques apresenta as inconsistências nas dez propostas de forma detalhada. Recomenda-se a leitura das páginas 531 à 533 em *Capitalismo e Colapso Ambiental* (2017), para uma análise mais ampla da problemática levantada nos tópicos de Stern e Calderón.

MARQUES, 2017, p. 531). As dez propostas incluem, entre outros, tópicos como: o impacto do aquecimento global nas relações econômicas; taxar emissões de gás carbônico em uma grande reforma fiscal; eliminar subsídios às energias fósseis; ampliar o investimento em Pesquisa e Desenvolvimento de tecnologias com uso de baixo carbono; deter a degradação de florestas; e antecipar a saída de termelétricas movidas a carvão (MARQUES, 2017, p.531-533).

Além disso, os marcos regulatórios possuem duas impossibilidades lógicas de implantação, visto que não é possível conter ou desacelerar a trajetória do sistema capitalista rumo a um colapso ambiental. A primeira delas é “a autocontenção dos agentes econômicos induzida pela presença de mecanismos emanando do próprio mercado” (MARQUES, 2017, p. 534). E a segunda traz que: “a regulação [é] induzida não apenas por mecanismos de mercado, mas por marcos negociados entre as empresas, o Estado e a sociedade civil” (MARQUES, 2017, p. 534).

Marques busca desmistificar a ideia de que o mercado capitalista é homeostático⁷. A ideia baseia-se no postulado de autorregulação capitalista defendido por Adam Smith⁸. O autor entende que a lei de acumulação é por definição expansiva e não uma relação simples entre oferta e demanda, apontando ainda um outro equívoco nas concepções de homeostase: um organismo tende a crescer até determinado tamanho e passar a conservá-lo quando o atinge, o que não acontece na lógica do capital, a qual impelem-se forças centrífugas rumo a um crescimento ilimitado (MARQUES, 2017, p. 535).

[...] O tamanho ideal do mercado capitalista é, por definição, o infinito. Contrariamente ao organismo, se o mercado capitalista não cresce, ele se desequilibra. Se a era do crescimento capitalista está chegando ao fim, isto não se deve a uma virtude homeostática do mercado, mas a algo que lhe é estranho: os limites físicos de resiliência da biosfera [...] (MARQUES, 2017, p. 535-536).

O autor demonstra não considerar os empresários como inimigos do meio ambiente. Todavia, ele mostra que as corporações possuem objetivos financeiros concretos que não podem ser definidos a partir de um imperativo ambiental. O que muitas vezes é entendido como

⁷ Segundo o dicionário Michaelis, homeostasia (biologia) é definida como a “habilidade de um organismo de manter um ambiente interno constante, um equilíbrio de condições, como a temperatura interna ou o conteúdo de um fluido, através da regulação de processos fisiológicos e ajustamentos às mudanças no ambiente externo”.

⁸ Segundo Oliveira, Strassburg e Silva (2012): “Smith concebeu que uma sociedade é harmoniosa quando uma ‘mão invisível’ harmoniza os interesses individuais com os interesses sociais. E, ao Estado compete somente não colocar obstáculos ao livre desenvolvimento das forças que promoverão o crescimento econômico da nação.”

moral corporativa, conceito defendido por Friedman⁹, consiste no objetivo de ganhos de capital mesmo que os impactos ambientais sejam menosprezados. Além disso, os investimentos em tecnologias verdes podem ser retornados apenas no longo prazo, e isso muitas vezes é entendido como prejuízo no curto e médio prazo, portanto, não são justificáveis para a lógica de acumulação das grandes corporações (MARQUES, 2017, p.537-540).

É possível indicar três aspectos para a impossibilidade de um capitalismo sustentável: o descolamento (*decoupling*) ou economia “ecoeiciente” e circular; a lei da pirâmide de recurso de Heinberg; e a impossibilidade de internalizar o custo ambiental (MARQUES, 2017, p. 541-542). Marques destaca que “essa lógica da impossibilidade de um capitalismo sustentável comprova-se concretamente em inúmeros aspectos do *modus operandi* do capitalismo” (MARQUES, 2017, p. 540) e essa impossibilidade advém dos três aspectos anteriormente citados.

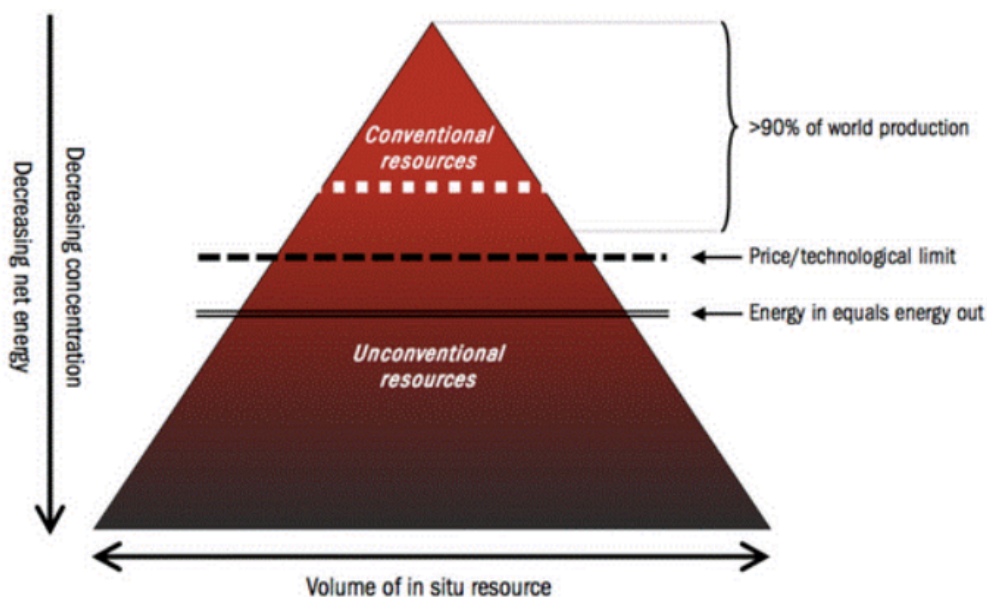
Decoupling é um termo que define a esperança de desenvolvimento de tecnologias que tragam taxas ótimas de consumo e redução dos impactos ambientais (MARQUES, 2017, p. 541). As eco-inovações podem, dessa forma, ser entendidas como parte desse processo que busca uma economia que seja ecoeficiente e circular. Para mostrar que se trata de mera ilusão esse tipo de economia, Marques fala que o Rebound Effect (apresentado no capítulo 2) é o maior impeditivo para que exista redução real dos impactos ambientais, uma vez que, os custos menores e a maior eficiência têm por consequência a ampliação do consumo e manutenção ou agravamento da problemática observada. Além disso, não se pode falar em economia circular, visto que mesmo atitudes que visem minimizar os impactos, como a reciclagem, envolvem níveis consideráveis de poluição em termos energéticos (MARQUES, 2017, p. 541-542).

A lei da pirâmide de recursos de Heinberg¹⁰ (conforme apresenta-se na Figura 6) representa outra impossibilidade de união entre o capitalismo e a sustentabilidade. Segundo Heinberg (2007), conforme citado por Marques (2017, p. 542): “A pedra do ápice [da pirâmide] representa a porção dos recursos que se pode extrair mais facilmente e a baixo custo. O extrato abaixo é a porção que se pode extrair com mais dificuldade e mais custo e com piores impactos ambientais”. Além disso, a escassez lógica de recursos leva ao agravamento da atividade econômica no capitalismo.

⁹ Milton Friedman (1912-2006) recebeu o prêmio Nobel de Economia em 1976 e foi considerado pelo *The Economist*, “o mais influente economista da segunda metade do século XX” (MARQUES, 2017, p. 538).

¹⁰ A lei da pirâmide de recursos foi formulada por Richard Heinberg no livro *Peak Everything: Waking Up to the Century of Declines* (MARQUES, 2017, p. 542).

Figura 6: Pirâmide dos recursos – Custos crescentes e Retornos decrescentes



Fonte: ALVES (2014)¹¹

Por fim, a terceira impossibilidade é a de internalizar o custo ambiental. Mesmo que sejam avaliadas com valores superiores aos atuais, todas as metodologias empregadas para valorar o patrimônio ambiental são inefficientes. Os valores mensurados em termos financeiros serão sempre insuficientes por não considerarem o valor imaterial que o meio ambiente possui (MARQUES, 2017, p. 542-543).

3.6. Notas conclusivas

Nesse último capítulo buscou-se traçar um panorama global acerca das consequências de duas ações antrópicas mais importantes no meio ambiente. Foi dada especial atenção aos dados mais recentes da poluição no mundo, às questões ligadas aos combustíveis fósseis (petróleo e gás natural em sua maioria) e à produção de lixo no mundo (com destaque para o consumo de plástico nos últimos anos).

O objetivo do capítulo foi traçar um cenário contemporâneo da utilização de recursos não renováveis e da poluição em todo planeta. É possível observar que existe uma clara associação entre o aumento do consumo na atualidade e a ampliação de problemas ambientais

¹¹ Imagem retirada de artigo não traduzida para português. Para maiores detalhes, acessar: <<https://www.ecodebate.com.br/2014/09/24/o-colapso-das-sociedades-complexas-artigo-de-jose-eustaquio-diniz-alves/>>.

e por mais que existam mais políticas ambientais e controles dos níveis de poluição do mundo atualmente, observa-se que não existe, na maioria dos casos, uma preocupação efetiva com as questões ambientais, mas sim aumentos nos níveis de poluição e de degradação ambiental. Assim, com a utilização de dados, este capítulo forneceu uma visão pessimista acerca da ideia de que o capitalismo pode vir a ser disciplinado por questões de ordem ambiental.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta monografia partiu da ideia de que a humanidade se aproxima rapidamente de uma situação inédita em sua história como espécie: o aparecimento de combinações destrutivas com o seu meio causadas principalmente pela dinâmica de sua reprodução social ao longo do tempo. A intensificação no uso de combustíveis fósseis na segunda metade do último século e na primeira década deste intensificaram uma problemática que teve como ponto inicial de maior destaque o início da Primeira Revolução Industrial.

A utilização do carvão mineral tem uma tendência de estabilização nos anos recentes, mas devido ao uso indiscriminado e em níveis alarmantes, a estabilização é o indício da manutenção de um grave problema. Além disso é preciso observar as proporções atuais de geração de lixo, as quais foram intensificadas com a evolução do próprio sistema capitalista. A criação de uma platisfera no oceano não pode continuar sendo negligenciada e a utilização dos polímeros precisa urgentemente ser retraída.

As manufaturas passaram por diversas modificações e apesar de a Indústria 4.0 prometer avanços ecológicos e maiores preocupações ambientais, estes demonstram ainda grande ineficiência para preservação da biodiversidade de diversos ecossistemas. As iniciativas surtiriam maior repercussão não fosse a lógica do Efeito Rebote, o qual destaca que a facilitação de consumo (com consequentes ganhos energéticos) não contribuem para a redução dos danos ambientais, mas sim ampliam a lógica de consumo inerente ao sistema capitalista.

É possível então traçar duas visões possíveis sobre o futuro das sociedades humanas diante da problemática apresentada. De um lado, os argumentos neoclássicos ambientais sugerem que existe uma alternativa possível (com viabilidade a partir do que se discutiu com as eco-inovações) e de outro, a economia ecológica alerta para a mudança de foco da economia, sugerindo a ampliação do escopo de variáveis.

O principal argumento para afirmar a possibilidade de um desenvolvimento sustentável são as eco-inovações, mas elas não são suficientes para resolver a questão da sustentabilidade em todo o mundo. A ilusão de um capitalismo sustentável deve ser o ponto de início da discussão, o que torna a corrente neoclássica pouco factível. Dessa forma, a lógica de consumo e de acumulação são os principais agravantes ao aumento da poluição e da piora de condições climáticas, portanto, não podem jamais ser consideradas sustentáveis.

Além disso, por melhores que sejam os objetivos da economia ambiental neoclássica, ela ainda se apoia na lógica de consumo e nas variáveis clássicas da economia. A corrente defendida pela economia ecológica mostra-se mais eficiente e com maior profundidade para

resolver os problemas ambientais vivenciados e previstos para um futuro muito próximo. É preciso que não se percam as mensurações econômicas na avaliação dessas questões, mas variáveis advindas de outras ciências (como as da natureza, as políticas e as sociais) são de fundamental importância para uma avaliação pluralista e complexa.

Três perspectivas apresentadas ao longo deste trabalho são fundamentais para que se possa concluí-lo: o mundo caminha para um colapso ambiental sem precedentes; as iniciativas capitalistas para o meio ambiente são ineficientes para a resolução da problemática apresentada devido a sua própria natureza; e por fim, é necessário que as abordagens econômicas não subestimem ou menosprezem o que outras ciências apresentam como fatos.

Os estudos da economia ecológica podem ser uma alternativa de análise necessária para que os impactos no meio ambiente sejam minimizados e para garantir que as gerações futuras tenham um ambiente propício para a vida. Além disso, a emergência climática é um fato observável em todas as partes do globo, a poluição dos oceanos cresce a cada dia e os recursos são utilizados de forma cada vez menos responsável. A mudança de concepção do sistema (seja no consumo, nas relações ou na ideia de acumulação) é o primeiro passo para que se encontre uma resposta viável e tangível para o quadro não otimista previsto para os próximos anos. Logo, considera-se que a visão cética/pessimista da economia ecológica é a mais adequada, pois leva em conta os riscos para uma crise ecológica cujas consequências podem ser desastrosas para a espécie humana. Pode-se concluir, portanto, que uma visão econômico-ecológica – ou visão biofísica da economia – é necessária para se enfrentar os desafios ambientais contemporâneos.

REFERÊNCIAS

- ALVES, J. E. D. **O colapso das sociedades complexas**, 2014. Disponível em: <<https://www.ecodebate.com.br/2014/09/24/o-colapso-das-sociedades-complexas-artigo-de-jose-eustaquio-diniz-alves/>>. Acesso em: 16 nov. 2019.
- AMAZONAS, M. C. **Economia do meio-ambiente: uma análise da abordagem neoclássica a partir de marcos evolucionistas e institucionalistas**. Campinas: Repositório da Produção Científica e Intelectual da Unicamp, 1994. Disponível em: <<http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/285371>>. Acesso em 15 nov. 2019.
- ANDRADE, D. C. **Economia e meio ambiente: aspectos teóricos e metodológicos nas visões neoclássica e da economia ecológica**. Campinas: Unicamp, 2008.
- BARREIROS, J. P. **Extinções, evolução e o impacto de Homo sapiens a partir do ano 1000 A.D.** Atlântida: Revista de Cultura, 57: 1-16, 2012.
- BARTODZIEJ, C. J. *The Concept Industry 4.0: An Empirical Analysis of Technologies and Applications in Production Logistics*. Wiesbaden, Alemanha: Springer Gabler, 2017.
- BAUR, C.; WEE, D. **Manufacturing's next act**. 2015. Disponível em: <<https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/manufacturings-next-act>>. Acesso em: 05 jul. 2018.
- BURRITT, R.; CHRIST, K. *Industry 4.0 and environmental accounting: a new revolution? Asian Journal of Sustainability and Social Responsibility*, 2016.
- CÂMARA. **Os desafios do Pré-Sal**. 2009. Centro de Documentação e Informação Edições Câmara. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/a-camara/estruturaadm/altosestudos/pdf/desafios_pre_sal_conselho.pdf>.
- CAMPOS et al. **Impactos no solo provocados pela mineração e depósito de rejeitos de carvão mineral**. Lages (SC): CAV/UDESC, 2009.
- CANO, T. M. **Carvão Mineral**. 2007. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/outras-publicacoes-1/2-2-carvao>>. Acesso em: 28 ago. 2019.

CARVALHO, M. B. **Decrescimento: Bioeconomia e Pós Capitalismo**. XV *Coloquio Internacional de Geocrítica. Las ciencias sociales y la edificación de una sociedad post-capitalista*. Barcelona, 2018. Disponível em: < <http://www.ub.edu/geocrit/XV-Coloquio/MarcosBCarvalho.pdf>>. Acesso em 02 dez. 2019.

COELHO, P. M. N. **Rumo à Indústria 4.0**. Coimbra, Portugal: Faculdade de Ciências e Tecnologia/Universidade de Coimbra, 2016.

COUTINHO, F. **O Fim do Petróleo Barato e do Mundo que Conhecemos**. 2017. Disponível em: <<https://jornalggn.com.br/petroleo/o-fim-do-petroleo-barato-e-do-mundo-que-conhecemos-felipe-coutinho/>>. Acesso em: 10 ago. 2019.

DIAS, R. **Eco-Inovação: Caminho para o Crescimento Saudável**. São Paulo, Atlas, 2014.

EXAME. **O Brasil está pronto para Indústria 4.0?** 2017. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/tecnologia/o-brasil-esta-pronto-para-a-industria-4-0/>>. Acesso em: 2 out. 2019.

EXAME. **Europa sofre com o calor e registra temperaturas recorde**. 2019. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/mundo/europa-sofre-com-o-calor-e-registra-temperaturas-recorde/>>. Acesso em: 30 nov. 2019.

FAO. *The Global Forest Resources Assessment. Summary Report*. 2000. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i1757e.pdf>>. Acesso em: 23 set. 2018.

G1. **Focos de queimadas na Amazônia são quase 20 mil em setembro, segundo o Inpe**. 2019. Disponível em: <<https://g1.globo.com/natureza/noticia/2019/09/02/balanco-das-queimadas-na-amazonia-em-setembro-segundo-o-inpe.ghtml>>. Acesso em: 30 nov. 2019.

GOSSART, C. **Uma pedra no sapato da tecnologia verde**. *Le Monde Diplomatique*, 2010. Disponível em: <<http://diplomatique.org.br/uma-pedra-no-sapato-da-tecnologia-verde/>>. Acesso em 20 jun. 2018.

HERMANN, M; OTTO, B; PENTEK, T. *Design principles for industry 4.0 scenarios: a literature review*. Dortmund: Technische Universität Dortmund, 2015.

HERRING, H. et al. *Energy Efficiency and Sustainable Consumption: The Rebound Effect*. 1 ed. Reino Unido: Palgrave Macmillan, 2009.

HIRATA, T. **Custo do gás do pré-sal põe em xeque viabilidade de térmicas**. 2019. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2019/03/custo-do-gas-do-pre-sal-poe-emxeque-viabilidade-de-termicas.shtml>>. Acesso em: 11 ago. 2019.

MARQUES, L. **Capitalismo e colapso ambiental**. 2ª ed. Campinas: Editora da Unicamp, 2017.

MEYER, D. **As origens do *homo sapiens sapiens*: uma questão ainda não esclarecida**. Cadernos De Campo: São Paulo, 124-131, 1992.

MEYER, G. C.; VELLENICH, W.; CARVALHO, M.; PAGOTTO, E. L. **Decrescimento e bioeconomia: imperativos social e ecológico**. In: Participação política : atores e demandas[S.l: s.n.], 2015.

MICHAELIS: moderno dicionário da língua portuguesa. São Paulo: Companhia Melhoramentos, 1998 (Dicionários Michaelis).

MORAIS, L. C. **Estudo sobre o panorama da energia elétrica no Brasil e Tendências Futuras**. Bauru: Unesp, 2015.

MUELLER, C. C. **Os economistas e as relações entre o sistema econômico e o meio ambiente**. Brasília: Editora UnB, 2007.

NAÇÕES UNIDAS. **17 Objetivos para transformar nosso mundo**. 2015. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/>>. Acesso em: 02 jul. 2018.

OCDE. **Eco-Innovation in Industry: Enabling Green Growth**. 2009. Disponível em: <<https://www.oecd-ilibrary.org/content/publication/9789264077225-en>>. Acesso em: 03 jul. 2018.

OLIVEIRA, N. M.; STRASSBURG, U.; SILVA, N. A. **De Smith ao Neoliberalismo: Um ensaio sobre o papel do Estado na economia capitalista**. 2012. Disponível em: <<http://e-revista.unioeste.br/index.php/csaemrevista/article/view/8829/7339>>.

TARSO, S. **Relatório propõe medidas para reduzir até 96% das emissões em 2030**. 2015. Disponível em: <<https://envolverde.cartacapital.com.br/relatorio-propoe-medidas-para-reduzir-ate-96-das-emissoes-em-2030/>>.

RAY. **Ray C. Anderson Foundation: About Ray.** 2019. Disponível em:
<<https://www.raycandersonfoundation.org/about-ray>>. Acesso em: 29 ago. 2019.

RENNINGS, K. *Redefining Innovation – Eco-innovations eco-innovation research and the contribution from ecological economics.* Mannheim, Alemanha: Elsevier – Ecological Economics, 2000.

SIMON, J. *The State of Humanity: Steadily Improving.* Cato Policy Report, Vol. 17: 5, The Cato Institute, Washington, DC, 1995. Disponível em:
<http://www.cato.org/pubs/policy_report/pr-so-js.html>. Acesso em: 05 dez. de 2019.

SCHUMPETER, J. A. **O processo da Destruição Criadoura.** In: SCHUMPETER, Joseph A. **Capitalismo, Socialismo e Democracia.** Rio de Janeiro: Editora Fundo de Cultura, 1961. p. 108-113.

UNCCD. *Desertification. The Invisible Frontline.* 2014. Disponível em:
<https://www.unccd.int/sites/default/files/documents/12112014_Invisible%20frontline_ENG.pdf>. Acesso em: 23 set. 2018.

WWF. **Brasil é o 4º país do mundo que mais gera lixo plástico.** 2019. Disponível em:
<<https://www.wwf.org.br/?70222/Brasil-e-o-4-pais-do-mundo-que-mais-gera-lixo-plastico>>. Acesso em 4 set. 2019.