

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CONTABILIDADE E ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA
MESTRADO EM ECONOMIA DO DESENVOLVIMENTO**

MÁRCIO SANTETTI

DOIS ENSAIOS SOBRE PROGRESSO TÉCNICO E MEIO AMBIENTE

PORTO ALEGRE

2015

MÁRCIO SANTETTI

DOIS ENSAIOS SOBRE PROGRESSO TÉCNICO E MEIO AMBIENTE

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Economia do Desenvolvimento, pelo Programa de Pós-Graduação em Economia, da Faculdade de Administração, Contabilidade e Economia, da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

Orientação: Prof. Dr. Adalmir Antônio Marquetti

PORTO ALEGRE

2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S234d Santetti, Márcio
Dois ensaios sobre progresso técnico e meio ambiente/ Márcio Santetti. –
Porto Alegre, 2015.
87 f.
Diss. (Mestrado) – Faculdade de Administração,
Contabilidade e Economia, PUCRS.

Orientador: Prof. Dr. Adalmir Antônio Marquetti.

1. Economia - Brasil. 2. Progresso Técnico (Economia).
3. Meio Ambiente - Mudanças Climáticas. 4. Economia
Clássica. I. Marquetti, Adalmir Antônio. II. Título.

CDD 330.981

Bibliotecário Responsável
Ginamara de Oliveira Lima
CRB 10/1204

Márcio Santetti

Dois ensaios sobre progresso técnico e meio ambiente.

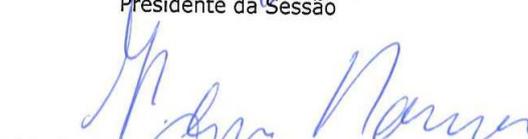
Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Economia do Desenvolvimento, pelo Programa de Pós-Graduação em Economia, da Faculdade de Administração, Contabilidade e Economia, da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

Aprovado em 27 de março de 2015.

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Adalmir Antonio Marquetti
Presidente da Sessão



Prof. Dr. Henrique Morrone



Prof. Dr. Osmar Tomaz de Souza



Prof. Dr. Osmar Tomaz de Souza
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Economia

AGRADECIMENTOS

Ao Grande Arquiteto do Universo, pela luz e pela oportunidade de realizar mais um sonho.

Ao meu pai, Luiz Carlos, que, do Oriente Eterno, me protege e me acompanha em todos os momentos.

À minha mãe, Cladis, e à minha irmã, Daniele, pelo amor incondicional, pelo apoio em minhas decisões e pelo exemplo a seguir, como pessoa e profissional.

À minha namorada, Mariana, por todos estes anos de amor, paciência, cumplicidade e planos presentes e futuros.

Aos Irmãos da ARLS Inconfidência II, nº 481, do Capítulo Guardiões do Vale do Sinos, nº 592, e Fratres e Sorores do Pronaos R+C São Leopoldo, pelo espírito de fraternidade, lições de vida e guarida em todos os momentos.

Ao professor Adalmir Antônio Marquetti, pela orientação nesta dissertação. Sem suas aulas de Macroeconomia II, sua paciência e seu apoio, a realização deste objetivo não seria possível.

Ao professor Carlos Eduardo Lobo e Silva, pelo suporte e dedicação dispensados na obtenção da bolsa integral.

À CAPES, pelo apoio financeiro nos primeiros meses de estudo, e à FAPERGS, que, através do convênio CAPES/FAPERGS, tornou possível o auxílio financeiro nos demais meses do Mestrado.

Aos demais professores do PPGE, em especial ao professor Gustavo Inácio de Moraes, pela ajuda na busca de dados e referências bibliográficas.

Aos secretários Janaína e Eduardo, pelo suporte ao aluno da Pós-Graduação.

Aos colegas de PPGE, pelas novas amizades, ajuda em momentos difíceis e companheirismo neste período de estudos.

Ao professor Fernando Maccari Lara (UNISINOS), por continuar sendo minha grande inspiração a seguir a carreira acadêmica.

Aos demais familiares, colegas e amigos que, de uma forma ou outra, contribuíram para a realização do maior sonho da minha vida até o momento.

RESUMO

Esta dissertação apresenta dois ensaios sobre a relação entre progresso técnico e meio ambiente. No primeiro ensaio, discute-se a visão de progresso técnico e natureza para quatro representantes da Economia Política Clássica: William Petty, Adam Smith, David Ricardo e Karl Marx. O objetivo deste ensaio é analisar a forma como abordam o progresso técnico, caracterizado pela crescente adoção de maquinaria no processo produtivo, somado à visão de cada autor a respeito da terra e dos recursos naturais no crescimento das nações. Enquanto o conceito de progresso técnico evoluiu do primeiro ao último autor, a visão da natureza é distinta. Petty e Marx definem o meio ambiente em uma ordem natural e como parte da essência do ser humano, respectivamente. Smith e Ricardo reduzem o meio ambiente a um insumo, tornando-se o principal limitador do crescimento para este último. No segundo ensaio, analisa-se o progresso técnico e a produção de bons e maus produtos na economia brasileira no período 1970-2008. Adota-se um sistema de estudo de produção e progresso técnico baseado em uma perspectiva clássico-marxiana, em que a combinação dos insumos trabalho, capital e energia geram um bem, o Produto Interno Bruto (PIB), e um mal, as emissões de dióxido de carbono (CO₂). Divide-se o crescimento econômico brasileiro em quatro fases, de acordo com a estratégia de desenvolvimento adotada em cada época: 1970-1980, 1980-1989, 1989-2003 e 2003-2008. O padrão de progresso técnico predominante foi Marx-viesado e poupador de energia. Nos anos de crescimento do PIB, o mau produto também aumentou.

Palavras-chave: Progresso técnico. Meio ambiente. Mecanização. Economia Clássica. Bons e maus produtos. Economia brasileira.

ABSTRACT

This dissertation presents two essays on the relationship between technical change and the natural environment. In the first essay, we discuss the view of technical progress to four representatives of Classical Political Economy: William Petty, Adam Smith, David Ricardo and Karl Marx. This essay analyzes the form they approach the technical progress, characterized by the increasing adoption of machinery in the production process, adding up the view of each author regarding land and natural resources in the growth of nations. While the technical progress concept evolves from the first to the last author, nature's view is distinct. Petty and Marx define the natural environment as a part of a natural law and as a part of human essence, respectively. Smith and Ricardo reduce natural environment to an input, making it the main economic growth limiter for the latter. In the second essay, we analyze the technical progress and the production of good and bad outputs in Brazilian economy in the 1970-2008 period. We adopt a study system of production and technical progress based on a classical-Marxian perspective, in which the work, capital and energy input combination generates a good output, the Gross Domestic Product (GDP), and a bad output, carbon dioxide (CO₂) emissions. We divide Brazilian economic growth in four phases, according to the development strategy adopted in each period: 1970-1980, 1980-1989, 1989-2003 and 2003-2008. The predominant pattern of technical progress was Marx-biased and energy-saving. In GDP growth years, the bad output also increased.

Keywords: Technical progress. Natural environment. Mechanization. Classical Economics. Good and bad outputs. Brazilian economy.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Relação salário real-taxa de lucro	19
Figura 2 - Mudança técnica a partir da divisão do trabalho	21
Figura 3 - Introdução de maquinaria ao processo produtivo	26
Gráfico 1 - Concentração atmosférica de CO ₂ , 1830-2008	42
Gráfico 2 - Matriz energética brasileira, 1970	52
Gráfico 3 - Matriz energética brasileira, 2008	56
Gráfico 4 - Evolução do PIB e do número de trabalhadores, Brasil, 1970-200	58
Gráfico 5 - Evolução do estoque de capital e do PIB, Brasil, 1970-2008	59
Gráfico 6 - Evolução do PIB e da produção de energia, Brasil, 1970-2008	60
Gráfico 7 - Evolução do estoque de capital e da produção de energia, Brasil, 1970-2008	61
Gráfico 8 - Evolução do PIB e das emissões de CO ₂ , Brasil, 1970-2008	62
Gráfico 9 - Evolução das emissões de CO ₂ e do estoque de capital, Brasil, 1970-2008	63
Gráfico 10 - Evolução das emissões de CO ₂ e da produção de energia, Brasil, 1970-2008	64
Gráfico 11 - Produtividade do trabalho, Brasil, 1970-2008	69
Gráfico 12 - Produtividade do capital, Brasil, 1970-2008	70
Gráfico 13 - Relação capital-trabalho, Brasil, 1970-2008	71
Gráfico 14 - Produtividade da energia, Brasil, 1970-2008	72
Gráfico 15 - Emissões de CO ₂ por unidade de capital, Brasil, 1970-2008	73
Gráfico 16 - Emissões de CO ₂ por trabalhador, Brasil, 1970-2008	74
Gráfico 17 - Emissões de CO ₂ por unidade de energia, Brasil, 1970-2008	75
Gráfico 18 - Relação entre emissões de CO ₂ e PIB, Brasil, 1970-2008	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela insumo-produto da geração de bons e maus produtos	45
Tabela 2 - Coeficientes de insumo-produto da geração de bons e maus produtos	46
Tabela 3 - Taxas anuais de crescimento dos insumos, do PIB e das emissões de CO ₂ , Brasil, 1970-2008 (%)	65
Tabela 4 - Taxas anuais de crescimento das variáveis técnicas e de intensidade de emissão de CO ₂ , Brasil, 1970-2008 (%)	68

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	8
2	ENSAIO 1 - PROGRESSO TÉCNICO E CONCEPÇÃO DA NATUREZA NA ECONOMIA POLÍTICA CLÁSSICA: WILLIAM PETTY, ADAM SMITH, DAVID RICARDO E KARL MARX	10
	Resumo	10
	Abstract.....	10
2.1.	INTRODUÇÃO.....	11
2.2.	WILLIAM PETTY: A GÊNESE DO EXCEDENTE E A ORDEM NATURAL	13
2.3.	DIVISÃO DO TRABALHO, PRODUTIVIDADE E A NATUREZA COMO INSUMO EM ADAM SMITH.....	16
2.4.	DAVID RICARDO: RENDA DA TERRA, RETORNOS DECRESCENTES E A TERRA COMO LIMITADORA DO CRESCIMENTO.....	23
2.5.	A TENDÊNCIA DECLINANTE DA TAXA DE LUCRO E O AFASTAMENTO ENTRE HOMEM E NATUREZA EM KARL MARX	27
2.6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
3	ENSAIO 2 - PROGRESSO TÉCNICO E PRODUÇÃO DE BONS E MAUS PRODUTOS NA ECONOMIA BRASILEIRA: 1970-2008	35
	Resumo	35
	Abstract.....	35
3.1.	INTRODUÇÃO.....	36
3.2.	PROGRESSO TÉCNICO, ENERGIA E GERAÇÃO DE MAUS PRODUTOS	38
3.3.	PROGRESSO TÉCNICO E PRODUÇÃO DE BONS E MAUS PRODUTOS EM UMA PERSPECTIVA CLÁSSICO-MARXIANA	43
3.3.1.	Um sistema de produção e progresso técnico	44
3.4.	CRESCIMENTO ECONÔMICO BRASILEIRO: 1970-2008.....	48
3.4.1.	Dados e metodologia	49
3.4.2.	Produção de bons e maus produtos e utilização de insumos na economia brasileira: 1970-2008.....	49
3.4.2.1.	Antecedentes.....	49
3.4.2.2.	Fases do crescimento econômico brasileiro (1970-2008)	50
3.4.2.3.	Visão geral	57
3.5.	PROGRESSO TÉCNICO NA ECONOMIA BRASILEIRA: 1970-2008	65
3.6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	76
	CONCLUSÃO.....	78
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80

1 INTRODUÇÃO

O progresso técnico é o principal indutor do crescimento econômico das nações. A ascensão do modo de produção capitalista permitiu um desenvolvimento cada vez mais expressivo do progresso técnico, ao mesmo tempo em que alterou drasticamente os padrões econômicos, sociais e tecnológicos da era contemporânea. Com a Revolução Industrial, o processo produtivo baseou-se progressivamente na introdução de maquinaria para produzir mercadorias. A produção em escala exigiu serviços energéticos cada vez mais robustos, e os combustíveis fósseis passaram a dominar as linhas industriais da atividade econômica.

A Escola Clássica do pensamento econômico dedicou-se ao estudo do crescimento das nações. Um de seus objetivos era investigar se a incipiente sociedade industrial seria capaz de gerar excedente de modo contínuo. Dentre as formas de crescimento material introduzidas pelos economistas clássicos, destacam-se a divisão do trabalho, o crescimento populacional, o tamanho do mercado e o progresso técnico. Com o avanço da atividade industrial, constatou-se que a mecanização do processo produtivo é uma característica institucional da sociedade capitalista.

O aumento da participação do capital na riqueza nacional tornou-se uma tendência do capitalismo. Este fato também alterou a relação do ser humano com o ambiente em que vive. O crescimento econômico demandou uma quantidade cada vez maior de energia e recursos naturais para se perpetuar. Os efeitos deste processo também foram investigados pelos autores clássicos.

Com o avanço do modo de produção capitalista, os ciclos de curto e longo prazos da natureza também passaram a sofrer influência da geração de mercadorias em larga escala. Somente em décadas recentes, constatou-se que o meio natural e os ecossistemas sofrem efeitos irreversíveis da atividade econômica. A visão da economia como um sistema aberto dentro do planeta evidenciou que existe uma incompatibilidade entre os padrões atuais de crescimento econômico e os limites físicos da natureza.

O processo produtivo envolve a transformação de matéria orgânica em mercadorias finais. Como qualquer transformação física envolve a perda de energia, uma quantidade de resíduo sempre é gerada ao final de um período de produção. A emissão antropogênica de dióxido de carbono (CO₂), oriunda da queima de combustíveis fósseis e desmatamentos, é um exemplo de resíduo gerado pela atividade

econômica. A poluição e seus efeitos sobre a atual e as futuras gerações são um dos principais desafios políticos e econômicos da atualidade (MARQUETTI; PICHARDO, 2013). Apesar de não-intencionais, estes problemas são intrínsecos à atividade econômica capitalista.

Neste contexto, o modo de produção capitalista é responsável pela produção conjunta de bons e maus produtos. Enquanto um bom produto é desejado pela sociedade, a geração de um mau produto é prejudicial e indesejada, resultando em externalidades negativas à sociedade. O progresso técnico baseado na adoção de maquinaria e combustíveis fósseis é o principal motor desta realidade. Esta dissertação tem o objetivo de analisar o progresso técnico e sua relação com o meio ambiente, na perspectiva da geração de bons e maus produtos pela atividade econômica. Para atingir este propósito, a dissertação está dividida em dois ensaios: um de caráter teórico, e outro empírico.

No primeiro ensaio, discute-se a visão de progresso técnico e a concepção de natureza para quatro autores da Economia Política Clássica: William Petty, Adam Smith, David Ricardo e Karl Marx. O conceito de progresso técnico aprimorou-se a cada autor, refletindo a evolução da sociedade capitalista, em crescente mecanização do processo produtivo. Já a visão do espaço natural varia entre os autores, encontrando-se mais abrangente em Petty e Marx, enquanto Smith e Ricardo reduzem a terra e os recursos naturais a um insumo, com este último autor definindo-os como os principais limitadores do crescimento.

No segundo ensaio, estuda-se o progresso técnico e a produção de bons e maus produtos na economia brasileira no período 1970-2008. O Produto Interno Bruto (PIB) representa o bom produto, enquanto as emissões de dióxido de carbono constituem o mau produto. Além disso, inclui-se a energia como insumo, ao lado de capital e trabalho, em um sistema de estudo de produção e progresso técnico baseado na perspectiva clássico-marxiana (DUMÉNIL; LEVY, 1995; FOLEY; MICHL, 1999).

Finalmente, a conclusão recupera as principais discussões teóricas e empíricas compreendidas nos dois ensaios desta dissertação.

2 ENSAIO 1 - PROGRESSO TÉCNICO E CONCEPÇÃO DA NATUREZA NA ECONOMIA POLÍTICA CLÁSSICA: WILLIAM PETTY, ADAM SMITH, DAVID RICARDO E KARL MARX

Resumo

O presente ensaio discute as visões de progresso técnico e o conceito de natureza para quatro representantes da Economia Política Clássica: William Petty, Adam Smith, David Ricardo e Karl Marx. A cada autor, aprimora-se a concepção de progresso técnico na sociedade capitalista, caracterizado pela crescente mecanização do processo produtivo. À exceção de Petty, os demais economistas clássicos admitem a possibilidade de queda da taxa de lucro no longo prazo, até este ponto tornar-se uma lei na obra de Marx. Em relação à visão do meio ambiente, discute-se a visão de ordem natural de Petty, a natureza como insumo em Smith, os recursos naturais como os principais limitadores do crescimento econômico em Ricardo e o afastamento entre homem e natureza para Marx. Conclui-se que a visão de progresso técnico evolui a cada autor, e a concepção da natureza relaciona-se com a metodologia adotada por cada economista e à realidade da época em que escreveram suas obras.

Palavras-chave: Economia Política Clássica. Progresso técnico. Taxa de lucro. Natureza.

Abstract

This essay discusses the views of technical progress and the concept of nature for four representatives of the Classical Political Economy: William Petty, Adam Smith, David Ricardo and Karl Marx. For each author, the conception of technical progress in capitalist society gets improved, characterized by growing mechanization of the production process. Except for Petty, the other classical economists admit the possibility of the rate of profit to fall in the long run, until this point becomes a law in Marx's works. Regarding the view of the natural environment, we discuss Petty's natural law vision, the nature as an input in Smith, natural resources as the main economic growth limiter in Ricardo and the deviation between men and nature to Marx. We conclude that the view of technical progress evolves for each author, and the nature conception relates

to the methodology adopted by each economist and the reality of the time they wrote their works.

Keywords: Classical Political Economy. Technical progress. Rate of profit. Nature.

2.1. INTRODUÇÃO

A Escola Clássica da economia compreende o grupo de autores cuja abordagem científica tem como centro de análise o estudo do excedente social. Este último refere-se ao valor, em termos de mercadorias, do produto nacional de uma economia após a dedução da reposição dos insumos no processo produtivo e da subsistência dos trabalhadores (KURZ, 2003; PETRI, 2012). O conceito de excedente encontra-se originalmente em William Petty e sustenta a obra de economistas políticos como Richard Cantillon, Pierre le Pesant de Boisguilbert, François Quesnay, Adam Smith, David Ricardo, Thomas Malthus, Sismonde de Sismondi e Karl Marx, entre outros (LARA, 2009). A compreensão do excedente como princípio organizativo perdeu representatividade na teoria econômica após a “revolução marginalista”, período iniciado em fins do século XIX com Jevons (1965 [1871]), Menger (1988 [1871]), Walras (1983 [1874]) e Marshall (1982 [1890]). Em 1960, a abordagem do excedente renova-se com a publicação de *Produção de mercadorias por meio de mercadorias*, de Piero Sraffa, e persiste em diversas agendas de pesquisa atuais (GAREGNANI; PETRI, 1989).

Na visão clássica, o crescimento econômico é consequência da geração contínua de excedente. A força motriz deste processo são o progresso técnico e a acumulação de capital. O contexto histórico em que os autores desta tradição escreveram suas obras caracteriza-se pelo nascimento da economia industrial na Europa do século XVII, que, mais tarde, tomaria a forma da Revolução Industrial. Significativa importância das contribuições da Economia Política provém de tentativas de investigar se o incipiente modo de produção capitalista possuiria condições de se perpetuar e, assim, determinar as causas do crescimento econômico das nações.

Neste período, a Europa e os demais continentes apresentavam forte dependência da atividade agrícola. Este fato representa a ligação entre a principal atividade econômica da época e a natureza, representada pela terra e demais recursos

naturais. Os economistas clássicos empregam uma percepção prática do meio natural, abandonando a visão divina, característica da Idade Média. Desta forma, a natureza é vista como um instrumento que auxilia o homem a conquistar objetivos, especialmente através da atividade econômica guiada pelo auto interesse.

O objetivo deste ensaio é apresentar a evolução dos conceitos de progresso técnico e natureza na visão de quatro representantes da Economia Política Clássica: William Petty, Adam Smith, David Ricardo e Karl Marx. Enquanto o progresso técnico aprimora-se a cada autor, como um reflexo da evolução da sociedade capitalista, a visão do espaço natural relaciona-se com a metodologia adotada por cada autor e à época em que escreveram suas obras.

À exceção de Petty, os demais autores clássicos aqui estudados veem a queda da taxa de lucro como uma possível consequência de longo prazo no capitalismo, motivada pelos processos de crescimento populacional e acumulação de capital. Além disso, apesar de a concepção da natureza variar ao longo das obras dos autores clássicos, estes últimos descrevem a realidade observada na época e que se consolidou nas últimas décadas: o afastamento entre homem e meio ambiente, em virtude dos padrões ininterruptos de exploração da natureza, produção e consumo de mercadorias da sociedade capitalista.

Além desta introdução, o presente ensaio possui mais cinco seções. Na segunda, apresenta-se a visão de progresso técnico e natureza para William Petty, precursor da Economia Política Clássica, apoiada nos conceitos de geração de excedente e de ordem natural. A terceira seção aborda a contribuição de Adam Smith ao problema de pesquisa proposto, com destaque ao papel da produtividade do trabalho e da filosofia moral.

Na quarta seção, estuda-se as visões de progresso técnico e natureza de David Ricardo, com base nas teorias da população e da renda da terra. A quinta seção é dedicada à obra de Karl Marx, em que o progresso técnico é uma característica institucional do capitalismo, e a alienação do homem em relação ao trabalho afasta-o de sua essência e de seu desenvolvimento, bem como de seu corpo inorgânico, o meio natural.

Por fim, a última seção traz as considerações finais a respeito do tema abordado neste ensaio.

2.2. WILLIAM PETTY: A GÊNESE DO EXCEDENTE E A ORDEM NATURAL

Nascido no sul da Inglaterra, William Petty (1623-1687) é o precursor da Economia Política Clássica. Além de estudioso em Anatomia, Física e Filosofia Experimental, Petty é considerado o primeiro economista (SCHUMPETER, 1933). O crescente interesse no uso de dados estatísticos marcou a segunda metade do século XVII, e o inglês utilizou compilações próprias e de terceiros para propor ações estatais na economia britânica, principalmente na área populacional (SUPRINYAK, 2008).

A metodologia de Petty apoia-se no conhecimento das ciências naturais, aliado ao pensamento dedutivo e à filosofia jusnaturalista, que apregoa o uso da razão dissociada da teologia para explicar fenômenos sociais. Segundo o autor, a sociedade é um organismo que deve funcionar em harmonia, regida por leis inseridas em uma ordem natural, conceito também presente nos Fisiocratas (HUGON, 1942). O funcionamento da economia é inspirado no conceito de ordem natural, e passa a ser guiado por atividades de geração e acumulação de riqueza privada, representada pelo excedente. Esta visão rompe com o conceito mercantilista baseado na arrecadação de metais preciosos como principal fonte de crescimento econômico (CORAZZA, 2009).

O uso da terra e dos demais recursos naturais é o princípio da atividade econômica de um país. Sua exploração, todavia, deve ser racional e respeitosa, visto que a natureza é um reflexo da ordem natural que rege o planeta. Conforme se verá adiante, quanto mais produtivo for o trabalho no setor agrícola de subsistência, maior a proporção da força de trabalho que pode dedicar-se a outras atividades e, assim, gerar excedente.

A concepção de Petty sobre o excedente pode ser analisada considerando parcelas populacionais empregadas em diferentes setores produtivos, conforme a equação (1):

$$L = L_v + L_s \quad (1)$$

onde L representa a força de trabalho total, L_v é a parcela de trabalhadores empregada no setor de subsistência e L_s é a parcela empregada fora da produção de subsistência. Os bens de subsistência, fruto da produção de L_v , são inteiramente consumidos ao final de

cada período. Por esta razão, somente há excedente se houver uma parcela de trabalhadores empregada fora da produção de subsistência ($L_s > 0$) (LARA, 2009). Segundo Petty, os setores de vestuário, móveis, construções, mineração e exploração de ouro e prata seriam responsáveis pela acumulação de riqueza nacional (ASPROMOURGOS, 1996).

Aspromourgos (1996) resume a contribuição de Petty em outras duas relações. Na equação (2), na próxima página, o produto necessário à subsistência é igual ao consumo social da população:

$$AL_v = cP = c \cdot \left(\frac{L}{n}\right) \quad (2)$$

onde A representa a produtividade média do trabalho empregado na produção de subsistência, c é o consumo necessário por trabalhador, P é a população total e n é a proporção de P que está apta a ser empregada fora do setor de subsistência. Dividindo-se o primeiro e terceiro termos da equação (2) por L , tem-se a divisão social do trabalho, representada na equação (3):

$$\left(\frac{L_s}{L}\right) = \left(\frac{c}{A}\right) \cdot \left(\frac{1}{n}\right) \quad (3)$$

À medida que o valor de A cresce, o trabalho no setor de subsistência torna-se mais produtivo. Assim, menos trabalhadores são necessários para manter a produção de subsistência constante, liberando mão-de-obra para outros setores. Dessa forma, a população ocupada na produção das demais mercadorias, L_s , aumenta. Para Petty, duas formas de aumentar a produtividade do trabalho são pelo aumento da intensidade do trabalho e pela extensão da jornada de trabalho (GOODACRE, 2010).

Além da produtividade do trabalho, outro determinante do progresso material são as invenções. Goodacre (2010) afirma que Petty envolveu-se com tecnologia desde a época de estudante, sobretudo na observação e experimentação empíricas. Estudou Geometria e Astronomia, formando-se em Medicina enquanto trabalhava como laboratorista na Holanda. Também esteve em contato com Thomas Hobbes (1588-1679)

e René Descartes (1596-1650) em passagem por Paris. No retorno a Londres, trabalhou junto a Samuel Hartlib (1600-1662) em projetos de novas máquinas de escrita, equipamentos agrícolas e técnicas para cozimento de alimentos. Após carreira militar, em que atuou como físico e secretário executivo em uma ocupação na Irlanda, juntou-se à *Royal Society*, continuando a atuar em projetos de inovação, desta vez na área de transportes.

A obra *Treatise on taxes and contributions* (1662) apresenta as primeiras considerações de Petty sobre o progresso técnico, principalmente na questão locacional. Influenciado pelo período vivido na Holanda, observou que os fluxos de comércio e navegação apresentavam vantagens em relação à Inglaterra, em virtude das condições favoráveis ao progresso técnico e à divisão do trabalho. Além disso, o território compacto possibilitava a geração de economias de escala à atividade econômica (GOODACRE, 2010).

Apesar da produtividade do trabalho ser a chave ao progresso material, Aspromourgos (1996) afirma que Petty advoga o aumento da população em condições de ser empregada, representada por n nas equações (2) e (3), como outro determinante ao desenvolvimento. Isto favoreceria a divisão técnica do trabalho, sobretudo em manufaturas; a qualidade dos produtos seria superior, e os preços, reduzidos. Goodacre (2010) acrescenta que Petty destaca três setores em que a divisão do trabalho se observava empiricamente à época: a fabricação de instrumentos de agrimensura, de roupas e de relógios. Em relação ao último, Petty antecipa o clássico exemplo da fábrica de alfinetes de Smith (1996 [1776]), apenas se referindo a um produto diferente:

Na fabricação de um relógio, se um homem deve fazer as engrenagens, se outro deve fazer a mola, outro deve gravar a placa de disco, e outro deve fazer a caixa, então o relógio será melhor e mais barato do que se todo o trabalho fosse realizado por um só homem (PETTY, 1899 [1683], p. 473, tradução nossa).

William Petty descreveu os processos econômicos de forma racional, através de analogias mecânicas e fisiológicas. O pleno funcionamento do organismo social só é possível com o respeito do homem aos limites da natureza, que é reflexo da ordem natural. Apesar dos benefícios do progresso técnico e da geração de excedente ao crescimento material de um país, Kurz (2006) afirma que Petty preocupou-se com os efeitos da produção e do consumo no bem-estar da população. Por exemplo, o inglês via no campo um ambiente mais saudável que o meio urbano. A fumaça dos cigarros, o

vapor das máquinas e os odores gerados pelas fábricas de Londres ilustram, na visão de Petty, que o crescimento econômico também apresenta consequências negativas. O autor também defendeu que o uso da terra deve ser limitado a intervalos de sete anos, necessitando-se de um ano de repouso (MESQUITA FILHO; BARRETO, 2004). Esta afirmação, junto aos exemplos anteriores, mostra a compreensão de que a ação humana não deve violar as leis da natureza. Os recursos naturais são limitados, e o uso racional destes últimos é condição necessária ao pleno funcionamento do organismo social.

2.3. DIVISÃO DO TRABALHO, PRODUTIVIDADE E A NATUREZA COMO INSUMO EM ADAM SMITH

Nascido no Século das Luzes, Adam Smith (1723-1790) é considerado o pioneiro da economia moderna. Segundo Foley e Michl (1999), *A Riqueza das Nações* (1776) é uma obra dedicada ao crescimento econômico, cujos principais condicionantes são a divisão do trabalho e a extensão do mercado. A primeira permite o aumento da produtividade da mão-de-obra, através da distribuição do processo produtivo em tarefas menores; já a segunda é descrita pelo crescimento da população, da renda e do aperfeiçoamento dos meios de transporte, permitindo que maior quantidade de produto seja ofertada e vendida. Goodacre (2010) afirma, inclusive, que o tamanho do mercado exerce função analítica ainda mais elevada do que a divisão do trabalho, indicando até que grau esta última pode se desenvolver.

O pensamento de Smith tem influência de Isaac Newton (1643-1727), a respeito da existência de um universo ordenado e racional, com o controle dos fenômenos naturais e sociais intrínsecos à própria natureza humana (CORAZZA, 2009). Princípios teóricos são capazes de coordenar toda a variedade de experiências observáveis, e o período histórico em que Smith viveu reforça a adesão ao pensamento racional, cujo princípio ativo é a razão objetiva e o auto interesse. Estes últimos trazem ordem aos sistemas econômico e social. Smith segue a perspectiva de Petty e da escola Fisiocrática a respeito da existência de uma ordem natural que regula a vida na sociedade. Entretanto, a principal diferença entre Smith e seus antecessores é a superação do uso de analogias com as ciências naturais para o surgimento de uma filosofia moral, em que o comportamento humano é guiado por leis naturais inerentes à sua própria essência. Sendo o homem guiado pela própria razão e auto interesse, é natural que utilize os instrumentos que lhe são disponíveis para atingir a satisfação de suas necessidades.

Transferindo esta passagem à esfera econômica, o homem faz uso dos insumos terra, capital e trabalho na produção de mercadorias, para fins de consumo e geração de excedente.

Na visão de Smith, o progresso técnico é uma consequência da divisão do trabalho, que, por sua vez, depende do tamanho do mercado. No âmbito nacional, a divisão do trabalho permite que, com funções mais detalhadas, cada indivíduo se especialize e conclua o trabalho em menos tempo, tornando-se fator de bem-estar individual e de riqueza para um país. No campo internacional, a divisão do trabalho transforma o mundo em uma grande oficina, em que diferentes trabalhos são executados conforme a aptidão dos trabalhadores e as condições naturais de cada local. Assim, Hugon (1942) acrescenta que a divisão do trabalho proporciona um ambiente de complementaridade entre os países. Cada indivíduo produz mercadorias de acordo com interesses particulares e as trocas ocorrem de forma espontânea e pacífica.

Smith (1996 [1776]) destaca três consequências da divisão do trabalho no aumento da produtividade: (i) o aumento da destreza da mão-de-obra, devido à especialização; (ii) a otimização do tempo em cada tarefa; e (iii) a gênese de inovações, ou seja, o desenvolvimento de novas máquinas e técnicas que podem substituir a mão-de-obra humana e potencializar o processo produtivo. Quando a inovação é bem sucedida, confere-se um poder de monopólio temporário ao empresário; ao longo do tempo, os lucros extraordinários são equalizados pelo processo de concorrência. Foley (2003) acrescenta que este equilíbrio de lucros entre diferentes linhas de produção é a condição para tornar máxima a taxa de lucro total da economia, ou seja, a riqueza da nação.

Kurz (2010) discute a visão *smithiana* de progresso técnico através da relação gráfica entre a taxa de salário real e taxa de lucros de uma economia. Antes de apresentar esta metodologia, que também está presente em Duménil e Levy (1995), Michl (1999), Foley e Marquetti (1997), entre outros, cabe demonstrar sua origem. Segundo Foley e Michl (1999), a relação entre salários e lucros advém da distribuição do produto nacional de uma economia. Em sociedades capitalistas, os capitalistas possuem os meios de produção, e empregam-nos buscando obter lucros extraordinários, ou seja, acima da média dos concorrentes. Já os trabalhadores são remunerados pelos capitalistas com os salários. Assumindo-se uma economia fechada e sem governo, o valor do produto total pode ser definido como a soma do montante de salários e de lucros, conforme a equação (4), na próxima página:

$$X = W + Z \quad (4)$$

onde X é o produto total, W é o montante de salários e Z representa os lucros. Dividindo-se os termos da equação acima pelo número de trabalhadores (N), obtém-se o produto nacional por trabalhador, conforme as equações (5.1) e (5.2):

$$\frac{X}{N} = \frac{W}{N} + \frac{Z}{N} \quad (5.1)$$

$$x = w + \frac{Z}{N} \quad (5.2)$$

onde x é o produto por trabalhador, ou a produtividade do trabalho, w é o salário real por trabalhador e Z/N é o lucro *per capita*. Multiplicando-se o último termo da equação (5.2) por (K/K) , obtém-se a equação (6), que representa a relação salário real-taxa de lucro. Nesta última, o salário real é a variável dependente, demonstrando que a remuneração dos trabalhadores equivale ao produto nacional restante após os capitalistas receberem os lucros.

$$w = x - \left(\frac{Z}{N}\right) \cdot \left(\frac{K}{K}\right) = x - vk = x - (r + \delta)k \quad (6)$$

onde v é a taxa bruta de lucro, a razão entre o montante de lucros, Z , e o estoque de capital, K ; k é o capital por trabalhador, ou relação capital-trabalho, resultado da divisão entre o estoque de capital, K , pelo número de trabalhadores, N ; r é a taxa líquida de lucro e δ representa a taxa de depreciação, ou seja, a parcela do estoque de capital que se desvaloriza a cada período. A depreciação total é calculada por $D = \delta K$.

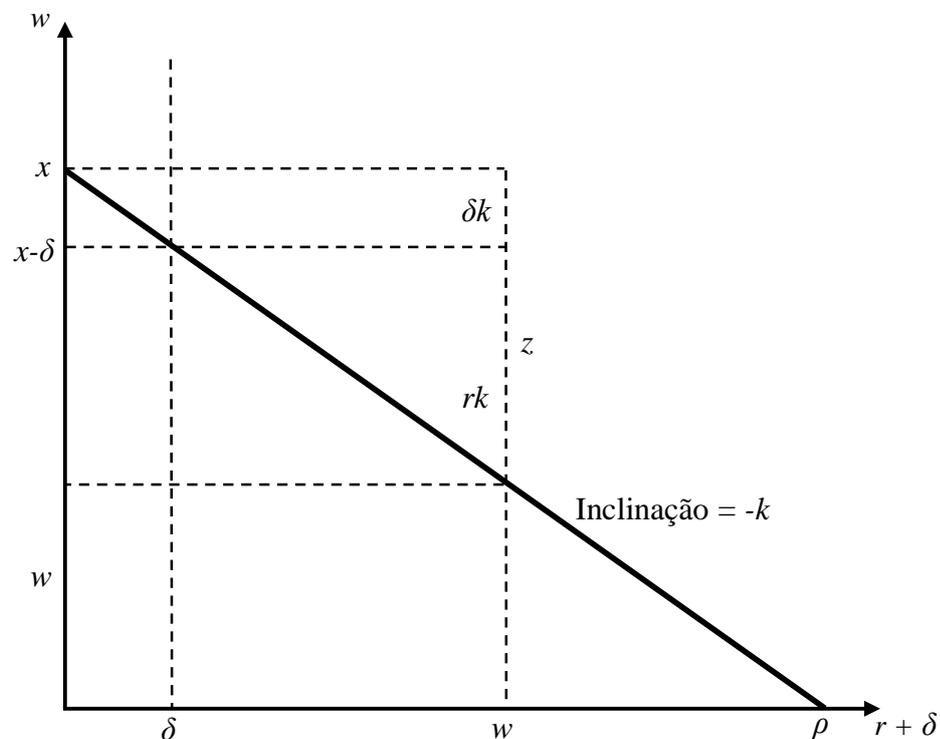
A produtividade do capital é calculada por $\rho = X/K$, e uma outra forma de descrever a relação capital-trabalho é através de $k = x/\rho$. Assim, obtém-se o salário real em função das produtividades do trabalho e do capital, conforme a equação (7), na próxima página:

$$w = x \left(1 - \frac{v}{\rho}\right) = x(1 - \pi) \quad (7)$$

onde π é a parcela de lucros do produto do total. Assim, $(1 - \pi)$ é a parcela salarial da economia.

A relação salário real-taxa de lucro está representada na figura 1. Dada a tecnologia vigente, este *tradeoff* é representado por uma linha reta, com base nas equações (6) e (7), e a inclinação é dada pelo coeficiente angular k . Quando todo o produto é distribuído na forma de salários, a taxa de lucro é zero ($r + \delta = 0$), e o salário real é igual à produtividade do trabalho. Em oposição, quando os salários são iguais a zero ($w = 0$), todo o produto é destinado aos lucros, e a taxa de lucro é igual à produtividade do capital (ρ). Estes casos extremos dão origem aos pontos de intersecção da reta com os eixos das ordenadas, representado pelo salário real, e das abscissas, relativo à taxa de lucro.

Figura 1 - Relação salário real-taxa de lucro



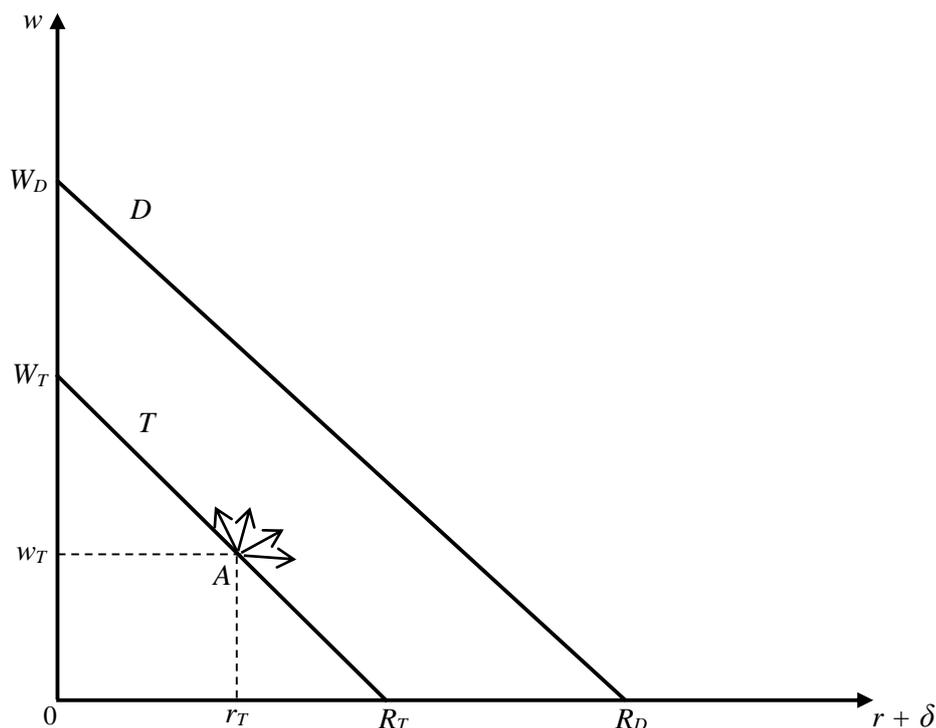
Fonte: Elaboração própria, a partir de Foley e Michl (1999).

Com a relação salário real-taxa de lucro genericamente apresentada, a figura 2, na próxima página, demonstra a representação de Kurz (2010)¹ sobre o progresso técnico na visão de Adam Smith. As duas curvas representam técnicas de produção, ou seja, combinações entre trabalho e capital, distintas. A técnica D é mais avançada em termos de divisão do trabalho, enquanto T estaria “um passo atrás” da nova técnica. A técnica D , portanto, apresenta maior produtividade do trabalho, e, por isso, encontra-se à direita de T .

O maior grau de divisão e produtividade do trabalho, por sua vez, promove novos empregos, como em funções de supervisão e monitoramento. Assim, de acordo com a visão de Smith, o nível máximo de salários (quando a taxa de lucros é igual a zero) no sistema D será superior a T ($W_D > W_T$). O aumento na habilidade dos trabalhadores e a otimização do tempo em cada tarefa, os dois primeiros efeitos da divisão do trabalho sobre a elevação da produtividade, destacados por Kurz (2010) e apresentados anteriormente, refletem-se na hipótese de salários e lucros superiores na técnica mais avançada, em termos de divisão do trabalho. Supondo-se não haver despesas com salários, a taxa máxima de lucros do método D (R_D) será superior à de T (R_T). O ponto A representa a mudança técnica para Smith, na forma do aperfeiçoamento do processo produtivo, resultado do aprofundamento da divisão do trabalho. Nestas condições, a mudança técnica é minimizadora de custos e, por consequência, adotada pelo capitalista. Chegando-se ao ponto A , altera-se a técnica de T para D .

¹ Em Kurz (2010), a relação salário real-taxa de lucro é descrita por curvas convexas em relação à origem. Entretanto, a dissertação trabalhará com a concepção algébrica de Foley e Michl (1999), o que não altera o raciocínio para o tema.

Figura 2 - Mudança técnica a partir da divisão do trabalho



Fonte: Elaboração própria, a partir de Foley e Michl (1999) e Kurz (2010).

A ampliação do mercado dirige a sociedade capitalista a aumentar progressivamente a divisão do trabalho, o que pode reduzir tanto o custo unitário como o preço final das mercadorias. Este último fato tem como consequência a elevação da demanda, e exige um aumento ainda maior da capacidade produtiva. Para isto ocorrer, a principal alternativa é a introdução de máquinas no processo produtivo, que é possível devido à inovação, o terceiro efeito da divisão do trabalho destacado por Kurz (2010). Em outras palavras, ocorre o crescimento da razão capital-produto (TSOULFIDIS; PAITARIDIS, 2012).

O estoque de capital possui duas dimensões: o capital fixo, representado pelas máquinas, e o circulante, composto pelas matérias-primas e salários dos trabalhadores. Na visão de Smith, a mudança técnica dirigida ao maior uso de capital não ocorre para substituir o trabalho humano, mas para facilitá-lo. Dessa forma, o aumento do volume de capital eleva a demanda por trabalho e, conseqüentemente, os salários. Entretanto, uma das conseqüências deste processo seria o aumento das famílias, fato que poderia reduzir os salários novamente até o nível de subsistência (HUNT, 2005).

O crescimento contínuo do estoque de capital exige uma parcela cada vez maior do produto para repor a depreciação. O aumento da relação capital-produto pressiona a taxa de lucro para baixo, uma vez que os salários estão incluídos na conta do capital total. A crescente competição entre capitalistas é um resultado do esgotamento de opções produtivas que proporcionem lucros extraordinários. Em um estágio da concorrência com excessiva acumulação de riqueza, o aumento da relação capital-produto teria como consequência de longo prazo a queda da taxa de lucro (KURZ, 2010). O lucro total da economia, entretanto, continua a crescer, mas a taxas decrescentes.

Conforme Kurz e Salvadori (2003), Smith destacou que podem existir limites ao crescimento econômico, como (i) a oferta insuficiente de mão-de-obra, (ii) o desgaste das motivações à acumulação de riqueza e (iii) a exaustão de recursos naturais. Estes últimos, junto à terra, representam o meio ambiente, para Smith. Neste ponto, o autor assemelha-se a Petty, porém a visão de obediência à ordem natural do planeta é substituída por um reducionismo destes elementos a insumos, ao lado de capital e trabalho (HUGON, 1942). Além destes três elementos, Smith (1996 [1776]) afirma que o próprio tamanho do mercado pode limitar o crescimento e a divisão do trabalho, uma vez que, quanto menor sua extensão, mais reduzida é a divisão do trabalho e, portanto, a geração de excedente.

Apesar de não se referir ao caso da exaustão de recursos naturais como um problema concreto da época, Smith introduz conceitos atemporais a respeito das ações individuais, que podem explicar esta questão em uma perspectiva sociológica. Em *A teoria dos sentimentos morais* (1759), o autor antecipa características do comportamento individualista do homem que se adequam ao funcionamento da atividade econômica. A “lei das consequências não intencionais” (KURZ, 2006; SANTOS; BIANCHI, 2007) afirma que as ações humanas, guiadas por interesses pessoais, podem gerar resultados inicialmente não esperados. Elster (1984) divide estes desdobramentos em duas categorias: (i) resultados em adição àquilo que foi pretendido, e (ii) resultados contrários àquilo que foi planejado. Isto significa que o indivíduo pode conquistar um resultado não esperado, além do inicialmente almejado, ou um desdobramento oposto ao planejado. A metáfora da mão invisível, por exemplo, é uma subdivisão desta lei, sendo o mecanismo que traz equilíbrio ao mercado. Por esta razão, enquadra-se na primeira categoria sugerida por Elster (1984).

De acordo com Smith (1996 [1776]), o equilíbrio de todo o mercado é uma consequência adicional positiva de ações individuais conduzidas pelo auto interesse. Já o esgotamento de recursos naturais também pode ser interpretado como uma consequência adicional da ação humana. A diferença entre os dois casos é que o último traz desequilíbrio a todas as formas de vida do planeta. Como a atividade econômica é dirigida por princípios individualistas, é natural concluir que o espaço terrestre seja um instrumento para o homem garantir os próprios interesses. Dessa forma, os recursos naturais reduzem-se a insumos, cuja exaustão é uma consequência negativa e não intencional da ação humana.

2.4. DAVID RICARDO: RENDA DA TERRA, RETORNOS DECRESCENTES E A TERRA COMO LIMITADORA DO CRESCIMENTO

Na visão do inglês David Ricardo (1772-1823), o principal problema da Economia Política é determinar as leis da distribuição do produto nacional entre as classes sociais. A metodologia utilizada pelo autor é lógica, abstrata e dedutiva, em que predomina a visão racional das esferas social e econômica. Ricardo buscou aplicar conceitos abstratos ao mundo exterior, resultando em uma perspectiva social pessimista sobre a realidade da época. Segundo Corazza (2009), apesar da teoria de Ricardo dirigir-se a questões concretas, os fatos não se explicam por si mesmos, mas por meio de princípios abstratos, o que justifica o nome de sua principal obra, *Princípios de Economia Política e Tributação*, de 1817.

O produto de uma economia é definido pelo valor das mercadorias geradas pelo emprego dos insumos terra, trabalho e capital, e posteriormente dividido entre proprietários de terra, donos do capital e trabalhadores. Ricardo foi contemporâneo a Thomas Malthus (1766-1834), cuja teoria da população foi aceita e adotada pelo primeiro. O principal ponto da visão de Malthus é que o crescimento populacional tenderia a pressionar o preço dos alimentos para cima e os salários dos trabalhadores até o nível de subsistência. Ricardo aliou este tópico a uma concepção autoral, conhecida como a “teoria da renda da terra”, presente pela primeira vez no *Ensaio acerca da influência do baixo preço do cereal sobre os lucros do capital* (1798 [1815]) e, posteriormente, nos *Princípios* (1817).

Ricardo (1982 [1817]) introduz a teoria da renda da terra afirmando que o homem, fazendo uso de sua liberdade de escolha, ocupou primeiramente as terras de

melhor qualidade, ou seja, as mais férteis, para produzir mercadorias. As terras da primeira categoria geram o mesmo custo de produção a todos os proprietários e, portanto, o mesmo preço de venda. Assim, os lucros provenientes das terras de melhor qualidade são equivalentes. Conforme a teoria de Malthus, à medida que a população cresce, a necessidade de produção de mercadorias aumenta, especialmente a de alimentos. Dessa forma, novas terras devem ser cultivadas, uma vez que as terras mais férteis são limitadas em quantidade, sendo necessário o trabalho em terras de qualidade inferior.

Com esta primeira exposição da teoria da renda da terra, observa-se que Ricardo adota o princípio da raridade relativa das terras mais férteis (HUGON, 1942), o que torna possível ordenar todas as terras de acordo com a qualidade (HUNT, 2005). A ideia de limitação produtiva da terra define a noção pessimista de Ricardo em relação à natureza, em oposição à visão de fecundidade e generosidade do meio natural presente em Petty, e reforçada pela escola Fisiocrática.

Quando as terras de segunda categoria passam a ser cultivadas, os custos de produção são maiores e repassados aos preços de venda. Outra hipótese presente na obra de Ricardo e ressaltada por Hugon (1942) é a de unidade de preços, que afirma que, em um mesmo mercado, mercadorias semelhantes devem ter um único preço final. Dessa forma, os proprietários das terras de primeira qualidade vendem mercadorias ao mesmo preço dos produtos oriundos das terras de categoria inferior. A renda da terra tem origem neste fato, que se reproduz à medida que a população continua a crescer e se faz necessário o cultivo em terras de menor fertilidade. A renda da terra surge dos lucros extraordinários que proprietários de terras de maior qualidade auferem ao igualar os preços de venda aos das mercadorias geradas em terras com custo de produção superior.

Ricardo (1982 [1817]) também descreve a situação em que os proprietários de terras superiores procuram elevar rendimentos ao tentar o aumento da produção nestas terras. Este fato não é possível devido à lei dos retornos decrescentes da terra, já presente em Malthus. Esta última afirma que, para se obter rendimentos suplementares, a cultura intensiva da terra exige o uso cada vez maior de trabalho e capital em um espaço físico limitado. Assim, a mecanização da economia gera retornos proporcionalmente menores na produção final. A consequência deste processo é a perpetuação do fenômeno da renda da terra, à medida que a população e os custos de produção crescem.

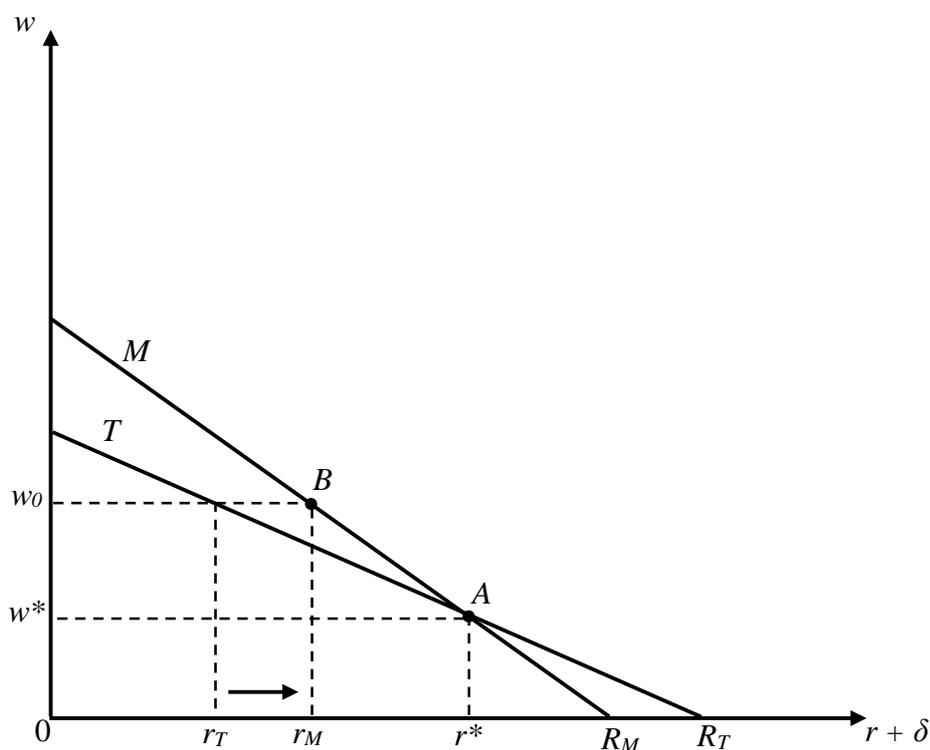
Na visão de Ricardo, o ciclo virtuoso da produção de Smith, consequência da divisão do trabalho e da extensão do mercado, seria inviável, devido aos processos de acumulação de capital e crescimento populacional. Com o aumento do preço dos alimentos, os trabalhadores, com um salário minimamente suficiente à subsistência, gastariam ainda mais com o consumo e não possuiriam meios de poupança. Já o lucro dos capitalistas, que é um valor residual do excedente, tenderia a cair, visto que a cada unidade adicional de trabalho e capital investida na produção, os incrementos no produto total são menores, devido aos retornos decrescentes da terra (FOLEY; MICHL, 1999). O curso natural deste processo seria um estado estacionário, em que não haveria mais possibilidades de crescimento ao produto de um país (RICARDO, 1982 [1817]). Foley (2003) acrescenta que, para Ricardo, o estado estacionário desenvolve-se até se reproduzir como um padrão macroeconômico.

No tocante ao crescimento econômico, a teoria de Ricardo fundamenta-se na acumulação de capital. Assim como Smith, notou que a evolução da sociedade capitalista constitui-se por duas forças opostas: a exaustão de recursos naturais e o desenvolvimento de novos métodos de produção através da criatividade humana (KURZ, 2010). Ricardo vê o progresso técnico como parte essencial do desenvolvimento da sociedade moderna, cuja forma mais importante se dá através da mecanização do processo produtivo. O capítulo *Sobre a maquinaria*, dos *Princípios*, descreve a visão de Ricardo a este respeito. Ao contrário de Smith, o autor vê a substituição de trabalho humano por máquinas como prejudicial à classe trabalhadora, gerando o chamado “desemprego tecnológico”. Inicialmente, os trabalhadores são deslocados da produção de bens-salário, ou seja, aqueles necessários ao consumo básico, para a produção de máquinas. No período seguinte, produz-se um montante inferior de bens-salário, devido ao deslocamento da mão-de-obra. Quando as novas máquinas entram em uso, menor número de trabalhadores permanece empregado, uma vez que o principal objetivo de mecanizar a produção é reduzir o número de operários para produzir quantidade maior ou igual de mercadorias, a um custo inferior.

A retirada de trabalhadores do processo produtivo acarreta efeitos na receita bruta da economia, composta pelos lucros dos capitalistas, pela renda paga aos proprietários, em virtude do uso da terra, e pelos salários. Com desemprego tecnológico, a parcela de salários diminui, reduzindo a receita bruta. A receita líquida, composta apenas por lucros e rendas, aumenta. Kurz (2010) ilustra esta mudança técnica através da relação salário real-taxa de lucro, conforme a figura 3, na próxima página.

A reta M representa a relação salário real-taxa de lucro de uma técnica de produção que utiliza uma nova máquina, enquanto T é anterior à inovação. A técnica de produção referente à reta M apresenta maior produtividade do trabalho, poupando mão-de-obra na produção, além de possuir um nível máximo de salário real superior a T , o que explica o ponto mais alto de intersecção com o eixo das ordenadas. Além disso, o método da curva M possui menor taxa de lucro máximo, em virtude de a renda bruta ser menor após a mecanização. O ponto A (r^* ; w^*) indica que a simples fabricação da nova máquina não garante sua adoção imediata pelo capitalista. Isto dependerá dos níveis de salários e preços. Dado o salário real, se a taxa de lucro em M for superior à da técnica antiga, a máquina será adquirida e se realiza a mudança técnica. Quando o salário real for igual a w_0 , a técnica de M será adotada por apresentar maior lucro em relação à de T . Neste nível, a taxa de lucro passa de r_T para r_M .

Figura 3 - Introdução de maquinaria ao processo produtivo



Fonte: Elaboração própria, a partir de Foley e Michl (1999) e Kurz (2010).

O gráfico acima mostra que a mudança técnica em direção à mecanização do processo produtivo, isoladamente, não faz com que a taxa de lucro caia. O preço da maquinaria não é necessariamente afetado pelas mesmas causas que aumentam o preço dos bens-salário, e, ao longo do processo de acumulação, parcelas cada vez maiores do produto total são empregadas em máquinas. Dado o nível vigente de salários reais, o progressivo uso de terras menos férteis encarece os bens-salário, induzindo à mecanização da economia. Entretanto, o aumento do estoque de capital no processo produtivo não é capaz de neutralizar os retornos decrescentes da terra. Segundo Ricardo (1982 [1817]), todo crescimento do uso de capital e da população são acompanhados por um aumento no preço dos alimentos, em virtude do uso de terras menos férteis e da elevação nos custos de produção. Portanto, os problemas ligados à finitude quantitativa e qualitativa das terras e ao crescimento populacional sobrepõem-se ao progresso técnico na obra de Ricardo. Inevitavelmente, o estado estacionário será atingido.

A partir da exposição da concepção de progresso técnico para David Ricardo, conclui-se que sua metodologia aproxima-se de Smith em relação à predominância da razão na análise dos fenômenos econômicos, assim como a terra e os recursos naturais são reduzidos a insumos produtivos. Neste aspecto, a diferença fundamental de Ricardo para o antecessor é a visão de que a terra, além de insumo, é o principal limitador do crescimento econômico e da acumulação de riqueza. Assim, passa a existir um conflito entre homem e natureza.

A terra aparece, através de tal teoria, assinalada com um traço de avareza que não atrai para ela nenhuma simpatia que lhe permite reivindicar privilégio algum. Mas, o mais grave é que, se exata a teoria da renda, a Ordem Providencial dos Fisiocratas e a harmonia entre os interesses privados e o geral tornam-se discutíveis. Se os interesses dos proprietários territoriais, simbolizados na terra, devem expandir-se em detrimento do interesse dos capitalistas, dos assalariados e dos industriais, não há mais harmonia, porém conflito; não há acordo, mas sim antagonismo. E todo sistema da ordem natural de Smith, bem como as próprias bases do liberalismo, sofre profundo abalo (HUGON, 1942, p. 122).

2.5. A TENDÊNCIA DECLINANTE DA TAXA DE LUCRO E O AFASTAMENTO ENTRE HOMEM E NATUREZA EM KARL MARX

As principais visões de Karl Marx (1818-1883) a respeito do modo de produção capitalista estão reunidas nos três volumes de *O Capital*. Apenas o primeiro volume

(1865) foi publicado enquanto estava vivo, e coube a Friedrich Engels (1820-1895) organizar as anotações deixadas pelo colega, sendo o segundo livro publicado em 1885 e o terceiro em 1894. Empregando uma perspectiva histórica e dialética, Marx observou que o capitalismo caracteriza-se pelo poder dos donos dos meios de produção, representados pelos capitalistas e proprietários de terras, sobre a classe trabalhadora. Garantido pela lei de propriedade privada das terras e do capital, perpetua-se um mecanismo social baseado na acumulação de riqueza. Esta última, junto à concorrência entre capitalistas, caracteriza as regularidades das economias de mercado (HUNT, 2005).

Freitas *et al.* (2012) afirmam que a relação entre homem e natureza está presente em toda a obra de Marx. No primeiro dos *Manuscritos econômico-filosóficos*, de 1844, Marx aborda a alienação da força de trabalho na sociedade capitalista. Nesta última, a produção de mercadorias transforma-se no objetivo final dos indivíduos, ao invés do desenvolvimento do próprio homem. Neste contexto, Marx (1844) afirma que o trabalhador não pode criar nada sem a natureza, que é o “mundo exterior sensorial” (MARX, 1844, p. 23). O meio natural é onde se concretiza o trabalho, e seus componentes, os

vegetais, animais, minerais, ar, luz, etc., constituem, sob o ponto de vista teórico, uma parte da consciência humana como objetos da ciência natural e da arte; eles são a natureza inorgânica espiritual do homem, seu meio intelectual de vida, que ele deve primeiramente preparar para seu prazer e perpetuação. Assim também, sob o ponto de vista prático, eles formam parte da vida e atividade humanas. Na prática, o homem vive apenas desses produtos naturais, sob a forma de alimento, aquecimento, roupa, abrigo, etc. A universalidade do homem aparece, na prática, na universalidade que faz da natureza inteira o seu corpo: 1) como meio direto de vida, e igualmente, 2) como o objeto material e o instrumento de sua atividade vital. A natureza é o corpo inorgânico do homem; quer isso dizer a natureza excluindo o próprio corpo humano. Dizer que o homem vive da natureza significa que a natureza é o corpo dele, com o qual deve se manter em contínuo intercâmbio a fim de não morrer. A afirmação de que a vida física e mental do homem e a natureza são interdependentes, simplesmente significa ser a natureza interdependente consigo mesma, pois o homem é parte dela (MARX, 1844, p. 24).

As tarefas, cada vez mais específicas, alienam a mão-de-obra ao trabalho. Antes valorizada por Adam Smith como resultado da divisão do trabalho, esta característica torna-se, em Marx, a razão por que o homem se distancia de sua essência, uma vez que o trabalho é uma atividade vital, que o fortalece. Entretanto, o trabalho, no capitalismo, constitui-se em um meio para a satisfação de necessidades físicas e biológicas da força de trabalho, e não um fim em si mesmo.

A natureza é o corpo inorgânico do homem, e, segundo Marx (1844), estes possuem um metabolismo único. Com a evolução da sociedade capitalista, ocorre o distanciamento entre o indivíduo e o meio natural, chamada de “fissura metabólica” (FOSTER; CLARK, 2006). Além disso, rompeu-se o ciclo dos nutrientes: a matéria orgânica contida em alimentos, roupas, entre outros, passou a ser exportada entre diferentes cidades, sendo posteriormente descartada em rios e mares. Marx defende que esta matéria deveria retornar ao solo, na forma de nutrientes, como em sociedades antigas. Conforme o autor, o crescimento da produção agrícola e industrial em grande escala e os fluxos de comércio em longas distâncias tendem a intensificar o rompimento do homem com o meio ambiente. Além de este fato reforçar a alienação do indivíduo em relação ao trabalho, esta fissura contribui para a poluição das cidades (MARX, 1844).

O progresso técnico exerce papel central na obra de Marx, sendo não apenas o principal motor da acumulação de capital, como também a forma de superar as barreiras ao crescimento econômico identificadas por Ricardo (1982 [1817]). Marx viu na obra de Ricardo um retrato preciso de uma sociedade de classes, e, no capítulo *Sobre a maquinaria*, a forma que o progresso técnico toma no modo de produção capitalista. Kurz (2010) observa que o primeiro volume de *O Capital* foi publicado quatro décadas após os *Princípios*, permitindo a Marx vivenciar um capitalismo mais desenvolvido do que o antecessor. Marx criticou a visão de estado estacionário de Ricardo, bem como sua explicação à queda da taxa de lucro. O incentivo à adoção de mudanças técnicas para superar os retornos decrescentes é uma característica inerente e institucional do capitalismo (FOLEY, 2003). Portanto, não são os retornos decrescentes que inviabilizam a mudança técnica, mas esta última ocorre para superar os limites impostos pela finitude de recursos naturais. Além disso, a tendência de queda da taxa de lucro deve ser, segundo Marx, explicada em conjunto ao aumento da produtividade do trabalho (MARQUETTI; PICHARDO, 2013).

De acordo com Marx, conforme o sistema econômico se desenvolve, maior quantidade de riqueza concentra-se em um número menor de capitalistas. Estes últimos veem-se em condições de se apropriar de uma maior parcela excedente desta riqueza, a mais-valia. Este termo refere-se à desigualdade entre o salário pago e o valor do trabalho produzido pela mão-de-obra (MARX, 1988). Assim, os salários representam apenas uma fração da contribuição total do trabalho, concretizada plenamente na mercadoria final. O restante deste valor corresponde a um maior lucro para o capitalista.

A mais-valia pode ser obtida via extensão da jornada de trabalho, mantendo-se o salário constante (mais-valia absoluta), ou via mecanização da produção (mais-valia relativa).

O capital total da economia é composto por uma parte constante, o valor dos insumos, e por outra variável, a soma dos salários. A razão entre capital constante e variável é denominada composição orgânica do capital (MARX, 1988). Para Marx, o processo de acumulação teria o efeito de aumentar constantemente a composição orgânica do capital; em outras palavras, o valor dos insumos cresceria mais rápido que o valor pago à força de trabalho que os opera.

A mais-valia e a composição orgânica do capital auxiliam na exposição do conceito de taxa de lucro para Marx, presente na terceira seção do volume III de *O Capital*, intitulada *A lei da tendência declinante da taxa de lucro*. A taxa de lucro pode ser definida como a razão entre a mais-valia e o capital total, conforme a equação (8):

$$r = \frac{s}{K} = \frac{s}{(c+v)} \quad (8)$$

onde r é a taxa de lucro, s é a mais-valia, K é o capital total, c é o capital constante e v representa o capital variável. Dividindo-se o numerador e o denominador por v , tem-se:

$$r = \frac{\left(\frac{s}{v}\right)}{\left\{\left(\frac{c}{v}\right) + \left(\frac{v}{v}\right)\right\}} = \frac{\left(\frac{s}{v}\right)}{\left\{\left(\frac{c}{v}\right) + 1\right\}} \quad (9)$$

onde s/v é a taxa de mais-valia e c/v é a composição orgânica do capital.

Aumentos na mais-valia, isoladamente, elevam a taxa de lucro; já aumentos na composição orgânica do capital, por si, reduzem-na. Com base na equação (9), supondo uma elevação na composição orgânica do capital e a taxa de mais-valia constante, a mais-valia gerada por um dado número de trabalhadores distribui-se em uma quantidade maior de capital total, para se obter a mesma taxa de lucro que no período anterior. Em estágios avançados de acumulação e emprego, os salários reais tendem a se elevar. Este fato dirige o progresso técnico à utilização de métodos intensivos em capital e poupadores de trabalho, o que faz com que a produtividade da mão-de-obra se eleve.

É o antagonismo entre o capital e o trabalho que direciona a mudança técnica à crescente composição orgânica do capital. No conflito pela distribuição do produto, os capitalistas tentam substituir o elemento que não pode ser totalmente controlado e disciplinado, o trabalhador, pelo elemento que o pode, a máquina (KURZ, 2010, p. 1215, tradução nossa).

Aumentos da taxa de mais-valia têm limites práticos, como a resistência a aumentos excessivos da jornada de trabalho e a possibilidade de danos às condições físicas dos trabalhadores. O aumento do capital é, portanto, a alternativa mais viável ao capitalista. Assim, conclui-se que o aumento da composição orgânica do capital tem o efeito de reduzir a taxa de lucro (DUMÉNIL; LEVY, 2003). Dessa forma, a possibilidade de queda da taxa de lucro no longo prazo, antes admitida em Smith (1996 [1776]) e Ricardo (1982 [1817]), torna-se uma lei institucional do capitalismo em Marx (1988). A visão deste autor a respeito do progresso técnico será retomada com maior detalhe no próximo ensaio desta dissertação.

A análise de Marx a respeito do modo de produção capitalista constitui-se na aplicação de princípios teóricos aplicados à realidade da época em que viveu e, também, para o futuro da sociedade. Da mesma forma que observou a progressiva adoção de maquinaria como o mecanismo de controle sobre a classe trabalhadora e a produção, Marx foi o economista clássico que com maior lucidez analisou a relação entre a atividade humana e a natureza. As especificidades das tarefas produtivas, aliadas à crescente substituição de trabalho “vivo” (mão-de-obra) por trabalho “morto” (máquinas) distanciam o homem do real objetivo da produção de mercadorias, o próprio desenvolvimento, e de seu corpo inorgânico, a natureza e os ecossistemas.

2.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este ensaio abordou, de maneira sucinta, a visão de progresso técnico e a concepção da natureza para quatro representantes da Escola Clássica do pensamento econômico: William Petty, Adam Smith, David Ricardo e Karl Marx. Enquanto o conceito e a relevância do progresso técnico evoluíram a cada autor, o espaço natural foi progressivamente perdendo importância nas obras de Smith e Ricardo, reduzindo-se a um insumo para a produção de mercadorias. Marx aproxima-se de Petty ao destacar a importância da natureza para as atividades humanas e à manutenção das formas de vida. A diferença entre estes autores é que Marx não assume a existência de uma ordem

natural que rege o planeta, mas afirma que homem e meio ambiente possuem um mesmo metabolismo. Este último, com a evolução do capitalismo, sofreu uma ruptura, devido à alienação da mão-de-obra em relação ao trabalho.

William Petty vê o progresso técnico como fator decisivo ao aumento da produtividade no setor de subsistência. Quanto mais produtivo for o trabalho neste último, menor número de trabalhadores é necessário na agricultura, liberando mão-de-obra para ocupações fora da subsistência. Somente desta forma gera-se excedente na sociedade, criando-se um ambiente propício à difusão de invenções e ao crescimento populacional.

Adepto do pensamento dedutivo e jusnaturalista, Petty analisou racionalmente os fenômenos econômicos e sociais de sua época. Segundo o autor, todos estes eventos estão inseridos em uma ordem natural, responsável pelo funcionamento de todo o planeta. Dessa forma, a atividade humana deve ser conduzida em harmonia e conformidade com as leis da natureza. Petty testemunhou o nascimento de um incipiente capitalismo industrial na Europa do século XVII, e já afirmava que a intervenção humana provoca efeitos indesejados à sociedade, como a poluição e o uso abusivo da terra e dos recursos naturais.

Adam Smith também aderiu à visão da existência de uma ordem universal, desta vez influenciado pelas ciências naturais. O controle dos fenômenos sociais e econômicos são intrínsecos à própria natureza humana. Assim, o uso da razão e as ações guiadas pelo auto interesse trazem ordem à sociedade. Esta é a principal explicação para a natureza ser reduzida a insumo, ao lado de capital e trabalho, na obra de Smith.

Em relação ao progresso técnico, Smith afirma que a divisão do trabalho e o tamanho do mercado são os principais determinantes do crescimento das nações. Enquanto o primeiro proporciona o aumento da produtividade ao expandir o processo produtivo em tarefas menores, o segundo indica até que grau a divisão do trabalho pode se desenvolver.

Através da relação salário real-taxa de lucro de Kurz (2010), baseada na metodologia de Foley e Michl (1999), demonstrou-se que a mudança técnica, em Smith, ocorre quando o processo produtivo se aperfeiçoa. Com maior divisão do trabalho, o custo de produção diminui, e se pode adotar novas técnicas, com maior habilidade da mão-de-obra e otimização de tempo. A procura por lucros extraordinários e a redução dos custos produtivos são o principal motor da mudança técnica em Smith e nos demais autores. O surgimento de inovações possibilita a entrada de maquinaria no processo

produtivo, e uma parcela cada vez maior do produto é gasta para cobrir a depreciação. Este fato, aliado ao aumento da concorrência entre capitalistas, pode levar à queda da taxa de lucro no longo prazo.

Além da taxa de lucro, Smith também observou que o crescimento econômico pode encontrar limites. Uma das razões é a exaustão de recursos naturais, que, apesar de não ser uma realidade da época em que viveu, é um problema atual que a filosofia moral de Smith ajuda a explicar. A busca por lucros e pela própria satisfação são características inerentes à natureza humana, e as ações dirigidas pelo auto interesse podem gerar consequências não desejadas ao próprio indivíduo e à sociedade. A “lei das consequências não intencionais” compreende estas possibilidades, e a destruição da natureza é um desdobramento adicional negativo das ações individuais.

David Ricardo utilizou-se de princípios abstratos para explicar os eventos econômicos da época em que viveu, conferindo-lhe uma perspectiva pessimista acerca da realidade. Na visão do autor, o progresso técnico reflete-se na substituição de mão-de-obra humana por maquinaria, e esta seria uma solução apenas temporária para impedir que a taxa de lucro caia no longo prazo e se chegue ao estado estacionário.

Ricardo aliou a teoria da população de Malthus à teoria autoral da renda da terra, afirmando que, à medida que terras de qualidade inferior fossem cultivadas, os custos de produção seriam elevados e repassados o preço dos alimentos. Os trabalhadores, com salários minimamente suficientes à subsistência, ainda sofreriam com o “desemprego tecnológico”, sendo substituídos por máquinas no processo produtivo.

Na teoria de Ricardo, a mudança técnica em direção à mecanização da economia, por si, não faz com que a taxa de lucro caia. Isto se deve ao crescimento populacional e à finitude de terras de qualidade superior, até o ponto em que o país para de crescer. Assim, a natureza, em Ricardo, configura-se no principal limitador do progresso das nações.

Karl Marx viu na obra de Ricardo um retrato preciso da sociedade capitalista que se consolidava na Europa. Entretanto, criticou o antecessor, ao afirmar que não são os retornos decrescentes da terra ou os recursos naturais limitados que fazem com que a taxa de lucro caia no longo prazo. Marx atribui à mudança técnica uma característica institucional do capitalismo, em que a substituição de trabalho “vivo” por trabalho “morto” é um dos principais mecanismos de obtenção de lucros extraordinários e de perpetuação de poder sobre a classe trabalhadora.

A explicação para a tendência declinante da taxa de lucro no longo prazo está no comportamento da mais-valia e da composição orgânica do capital. A progressiva adoção de capital no processo produtivo tende a diminuir a taxa de lucro, uma vez que a obtenção de mais-valia possui limites práticos. Assim, a profunda mecanização da produção tende a pressionar a taxa de lucro para baixo, constituindo-se em uma lei da teoria econômica de Marx.

Em relação à natureza, Marx define-a como o corpo inorgânico do homem. Os indivíduos e o meio natural têm uma ligação metabólica, que se perdeu ao longo da evolução do modo de produção capitalista e da visão da terra como insumo. A alienação ao trabalho tornou o homem dependente de seu ofício, e não o contrário. O crescimento econômico passou a ter um fim em si mesmo, e não o desenvolvimento das capacidades humanas.

O conceito de progresso técnico aperfeiçoou-se ao longo da teoria econômica clássica. Todos os autores aqui estudados colocam-no em posição central para o crescimento das nações. Da mesma forma, concordam que a natureza é um componente decisivo a este processo, seja como parte da ordem universal, insumo, limitadora do crescimento ou parte do metabolismo humano. Ao passo que o capitalismo atingiu novos estágios de desenvolvimento, os autores clássicos contribuíram para a evolução do conceito de progresso técnico, de acordo com a realidade de cada época. A visão do espaço natural também seguiu esta tendência. Apesar de ter um papel cada vez menos relevante na expansão industrial da Europa, os autores clássicos descreveram a natureza também tendo como base esta realidade, ou seja, de progressivo reducionismo da terra e dos recursos naturais nas atividades humanas.

3 ENSAIO 2 - PROGRESSO TÉCNICO E PRODUÇÃO DE BONS E MAUS PRODUTOS NA ECONOMIA BRASILEIRA: 1970-2008

Resumo

O presente ensaio analisa o progresso técnico e a produção de bons e maus produtos na economia brasileira no período 1970-2008. Através de uma perspectiva clássico-marxiana, considera-se que a combinação dos insumos trabalho, capital e energia geram um bem, o Produto Interno Bruto (PIB), e um mau produto, as emissões de dióxido de carbono (CO₂). Inicialmente, destaca-se o papel da energia no progresso técnico e a geração de dióxido de carbono como uma consequência não-intencional da ação humana. Divide-se o crescimento econômico brasileiro em quatro fases: na primeira, de 1970 a 1980, caracterizada pela intensa mecanização do processo produtivo, a economia cresceu a taxas elevadas. A segunda, de 1980 a 1989, representa uma transição da estratégia de industrialização por substituição de importações para um modelo neoliberal, em que a economia apresentou estagflação. A terceira fase, de 1989 a 2003, compreende a adoção de uma agenda neoliberal e um período de baixo crescimento. Na última fase, de 2003 a 2008, a política econômica novamente se volta ao crescimento econômico, e o progresso técnico retoma o dinamismo. O padrão de progresso técnico predominante nos anos estudados foi Marx-viesado e poupador de energia. Em anos de elevado crescimento econômico, as emissões de CO₂ também aumentaram.

Palavras-chave: Crescimento econômico. Progresso técnico. Economia brasileira. Energia. Dióxido de carbono.

Abstract

This essay analyzes technical change and production of good and bad outputs in Brazilian economy in the 1970-2008 period. Through a classical-Marxian perspective, we consider that workers, capital and energy inputs combination generates a good output, the Gross Domestic Product (GDP), and a bad output, carbon dioxide (CO₂) emissions. Initially, we highlight the role of energy in technical progress and the generation of carbon dioxide as an unintended consequence of human action. We divide Brazilian economic growth in four phases: in the first one, from 1970 to 1980,

characterized by intense mechanization of the production process, the economy grew at high rates. The second one, from 1980 to 1989, represents a transition of the import substitution industrialization strategy to a neoliberal model, in which the economy experienced stagflation. The third phase, from 1989 to 2003, comprehends the adoption of a neoliberal agenda and a low growth period. In the last phase, from 2003 to 2008, the economic policy turns again to economic growth, and technical progress retakes dynamism. The predominant pattern of technical progress in the studied years was Marx-biased and energy-saving. In high economic growth years, CO₂ emissions also increased.

Keywords: Economic growth. Technical progress. Brazilian economy. Energy. Carbon dioxide.

3.1. INTRODUÇÃO

O progresso técnico é o responsável pela evolução material da sociedade capitalista. O aumento da produtividade dos insumos tornou-se possível graças à exploração intensiva de recursos naturais e ao aperfeiçoamento dos processos de pesquisa e desenvolvimento. Kümmel (1989) afirma que apenas recentemente se percebeu que o avanço industrial, dirigido pela mecanização da produção, acarretou efeitos irreversíveis à sociedade e à natureza. Durante vários séculos, o fluxo de geração de resíduos deveu-se à propagação de energia solar na atmosfera, refletindo-se em irradiação de calor, sem consequências nocivas ao globo. Todavia, a Revolução Industrial introduziu novas fontes de difusão energética, sobretudo os combustíveis fósseis, elevando os efeitos negativos da ação humana sobre a limitada capacidade de absorção da natureza. Exemplos de geração de resíduos são a poluição, a emissão de gases de efeito estufa e a intensificação do processo de mudanças climáticas, caracterizadas pelo aquecimento global² (STERN, 2006; FOLEY, 2009).

Este ensaio investiga o progresso técnico como gerador de bons e maus produtos (KURZ, 2006; MARQUETTI; PICHARDO, 2013). Através de uma perspectiva clássico-marxiana (DUMÉNIL; LEVY, 1995; FOLEY; MICHL, 1999), assume-se que a combinação dos insumos trabalho, capital e energia geram um bem, o Produto Interno

² Sobre a evolução do conceito de aquecimento global, ver Arrhenius (1896), Callendar (1938) e Maslin (2004).

Bruto (PIB), e um mau produto, as emissões de dióxido de carbono (CO₂), principal gás componente do efeito estufa. A partir deste sistema de estudo, analisa-se o progresso técnico e a geração de bons e maus produtos na economia brasileira no período 1970-2008. A partir dos resultados, observa-se que o Brasil ainda está em processo de mecanização do processo produtivo, apresentando o padrão de progresso técnico Marx-viesado e poupador de energia como predominante no período analisado.

Além desta introdução, o presente ensaio é composto por mais cinco seções. A segunda dedica-se ao papel da energia no progresso técnico, intensificado a partir do advento de combustíveis fósseis na Revolução Industrial, e à geração de CO₂ como uma consequência não-intencional, porém inerente ao modo de produção capitalista.

A terceira seção descreve o progresso técnico e a geração de bons e maus produtos através de uma perspectiva clássico-marxiana. Inclui-se a energia como insumo, ao lado de capital e trabalho, e se assume que a economia gera um bem, o Produto Interno Bruto, e um mau produto, as emissões de dióxido de carbono. Define-se funções de produção para a produção do bom e do mau produto, bem como parâmetros técnicos e de intensidade de emissões de CO₂. Por fim, apresenta-se uma série de tendências de longo prazo esperadas pela literatura clássico-marxiana para a produção capitalista.

Na quarta seção, estuda-se a produção de PIB, as emissões de CO₂ e a evolução dos insumos trabalho, capital e energia na economia brasileira, entre 1970 e 2008. O crescimento econômico brasileiro é dividido em três fases, de acordo com a política de desenvolvimento implementada em cada época: 1970-1980, 1989-2003 e 2003-2008. Já o período 1980-1989 compreende uma fase transitória da economia nacional, caracterizado pela combinação entre estagnação econômica e alta inflação.

A quinta seção analisa o progresso técnico na economia brasileira no período 1970-2008. Apresenta-se a evolução das variáveis técnicas, a produtividade do trabalho, a produtividade do capital, a produtividade da energia e a relação capital-trabalho, e das variáveis de intensidade de emissão de CO₂, as emissões por trabalhador, as emissões por unidade de capital, as emissões por unidade de energia e a razão entre o mau e o bom produto. O padrão de progresso técnico Marx-viesado e poupador de energia foi predominante no período 1970-2008, caracterizado pelo aumento das produtividades do trabalho e da energia e declínio da produtividade do capital, em conformidade com a literatura clássico-marxiana. Por fim, a sexta seção traz as considerações finais a respeito do presente ensaio.

3.2. PROGRESSO TÉCNICO, ENERGIA E GERAÇÃO DE MAUS PRODUTOS

À medida que o ser humano evolui, o mesmo ocorre com suas necessidades e com a forma como se relaciona com o meio natural. A capacidade do homem de modificar o ambiente em que vive manifesta-se nos efeitos sobre os ciclos de curto e longo prazos da natureza, ou na ordem natural, de William Petty (ASPROMOURGOS, 1999). O progresso técnico é o principal motor do crescimento econômico de um país, e uma das principais formas de se observar a evolução da influência humana no espaço terrestre. O capitalismo alterou drasticamente as relações sociais e econômicas do mundo contemporâneo, em uma estrutura progressivamente baseada em maquinaria. Para operar esta quantidade crescente de capital, maior quantidade de energia foi necessária, e os combustíveis fósseis passaram a dominar as fontes energéticas utilizadas pelo homem.

A demanda por energia não é uma exclusividade desta época. Este processo tem início paralelamente à existência do homem³, persistindo até os dias atuais e tornando a utilização energética um insumo básico à sobrevivência do homem e ao progresso técnico. Desde períodos remotos, o ser humano foi capaz de modificar o meio em que vive por meio de ações que só foram possíveis através da energia. A industrialização por combustíveis fósseis configura-se em uma era tecnológica⁴, que ampliou o poder humano sobre o meio terrestre.

Tessmer (2002) afirma que a Revolução Industrial foi o período em que se consagrou o avanço científico registrado nos séculos anteriores. O processo produtivo deveria atender a uma população cada vez maior em número e em poder aquisitivo, necessitando-se de alta produtividade. Do ponto de vista energético, fontes superiores às anteriores deveriam ser empregadas. Assim, sobressaíram-se o carvão mineral e o petróleo, combustíveis de origem fóssil que passaram a dominar a escala produtiva (HALL *et al.*, 2003; MORAES, 2010).

A dependência de combustíveis fósseis é um marco da civilização industrial. Em 1961, o petróleo passou a ser a principal fonte energética da sociedade capitalista, superando o carvão mineral. Neste ano, sua produção mundial atingiu um milhão de

³ Sobre a evolução do uso de energia pelo homem, ver Hemery *et al.* (1993), Tessmer (2002), Farias e Selitto (2011) e Stern (2011).

⁴ Além da industrialização por combustíveis fósseis, Cechin (2008) atribui a outras duas atividades o conceito de “era tecnológica”: (i) a obtenção e o controle do fogo, e (ii) o desenvolvimento da agricultura.

toneladas. Já em 1900, a produção de petróleo e derivados chegou a 20 milhões de toneladas. A partir da produção em escala do automóvel, o petróleo ganhou ainda mais importância no processo produtivo e no abastecimento de novos meios de transporte. Em 1929, produziu-se 200 milhões de toneladas de petróleo. Entre 1957 e 1966, utilizou-se a mesma quantidade do insumo do que nos cem anos anteriores (ROSALES, 2014).

A produção de mercadorias em larga escala requereu a exploração cada vez maior de recursos naturais e fontes inanimadas de energia, culminando nos atuais padrões de combustão antropogênica de matéria orgânica. Ao mesmo tempo em que o progressivo uso de energia proporcionou a variedade de mercadorias hoje conhecida e o aumento do produto nacional dos países (KRAFT; KRAFT, 1978; YU; HWANG, 1984), a natureza e os ecossistemas também sofreram a influência deste processo.

Moraes (2010) destaca que o modelo de relações econômicas e sociais oriundo da Revolução Industrial contribuiu para a sociedade fascinar-se apenas com os benefícios do capitalismo. A progressiva exploração do espaço terrestre foi uma condição necessária ao novo padrão tecnológico e de vida difundidos nesta era. O potencial risco de externalidades negativas foi ignorado por várias décadas, mesmo com a ocorrência de crises econômicas ao longo do tempo. Por exemplo, a partir da crise americana de 1929, iniciativas político-econômicas centraram-se na obtenção de rápida recuperação e crescimento das economias, culminando na chamada “era dourada” do capitalismo, após o término da Segunda Guerra Mundial.

No auge da sociedade industrial, medidas globais centradas no crescimento econômico não compreenderam efeitos nocivos ao meio ambiente. A poluição, a emissão de gases do efeito estufa e o processo de mudanças climáticas são alguns dos principais problemas com que a sociedade passou a se defrontar em escala mundial. Estes últimos são exemplos de consequências inicialmente não esperadas, porém inerentes ao modo de produção capitalista.

A partir das décadas de 1960 e 1970, surgem preocupações de caráter econômico e político relacionadas à poluição e à exploração de recursos naturais pela atividade econômica. Produziu-se novos trabalhos, tendo em perspectiva o panorama de uma sociedade industrial consolidada, diferentemente do estado embrionário e emergente da indústria à época dos autores clássicos. No final da década de 1960, a poluição intensificou-se nos Estados Unidos, Japão e Europa (MUELLER, 2007). A reconstrução dos países centrais após a II Guerra Mundial e a expansão industrial americana e

soviética durante a Guerra Fria exigiram o aumento do uso de energia e de recursos naturais, provocando níveis nocivos de poluição nestes locais.

Na década de 1970, a percepção da dependência de recursos naturais ao crescimento econômico repercutiu entre um maior número de economistas e na opinião pública (MUELLER, 2007). As crises energéticas causadas pelos choques nos preços do petróleo, em 1973 e 1979, imprimiram a sensação de iminente esgotamento da principal fonte energética da produção industrial. O uso de energia e do meio natural tornou-se de interesse público, e Cleveland (1987) afirma que o número de pesquisas relacionadas ao assunto elevou-se ainda mais nesta década. Publicações como Carson (1962), Leontief (1970) e a ascensão da Economia Ecológica (GEORGESCU-ROEGEN, 1971; DALY, 1977) inauguraram um novo período de discussões a respeito do *tradeoff* entre crescimento econômico e os limites naturais do planeta.

A economia é um subsistema do planeta, caracterizado por trocas de matéria e energia com o meio ambiente. O processo produtivo compreende a transformação energética de insumos para se produzir mercadorias finais. Todo processo de transformação implica em geração de resíduos, uma vez que uma parte da energia utilizada sempre é dissipada. Qualquer expansão da atividade econômica implica em alguma contrapartida da natureza. A reprodução material da humanidade implica na geração de resíduos, que impactam negativamente a natureza e seus ecossistemas. Exemplos destes resíduos são a poluição, a acumulação de lixo nuclear e o aumento da concentração de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera.

O dióxido de carbono é um dos principais poluentes da atividade econômica. Este último, também chamado de gás carbônico, representa 77% das emissões globais de gases do efeito-estufa, sendo 57% oriundos da queima de combustíveis fósseis, 17% derivados de atividades de desmatamento e decomposição de biomassa e 3% provenientes de outras fontes (IPCC, 2007). O efeito estufa é o fenômeno responsável pelo equilíbrio da energia do planeta. Definido pela capacidade de certos gases reterem uma fração da radiação solar que se reflete na superfície terrestre, este processo cria uma barreira natural à saída completa de calor para a atmosfera (MORAES, 2010). Em condições naturais, este fenômeno é imprescindível à manutenção da vida no planeta, visto que conserva o calor da superfície e estabiliza a temperatura global em torno de 14°C (MEIRELLES, 1994; ROSALES, 2014).

De acordo com Vitousek *et al.* (1997), a vida na Terra é baseada em gás carbônico. Este último é recurso fundamental à fotossíntese de plantas, que absorvem

energia solar e CO₂ da atmosfera, produzindo oxigênio e hidratos de carbono, como a glicose. Junto às plantas, os animais utilizam estes hidratos na respiração, emitindo gás carbônico novamente na atmosfera. Este processo envolve trocas energéticas entre os reservatórios terrestre e atmosférico, que, somados aos oceanos, são os principais depósitos de gases necessários à manutenção da vida no planeta.

Desde a pré-História, o dióxido de carbono apresenta ciclos de alta e baixa concentração na atmosfera (ROSALES, 2014). Na ausência de influências antropogênicas, ou seja, causadas pelo homem, os fluxos naturais do gás carbônico seguem um padrão cíclico⁵. Entretanto, a partir de 1750, este comportamento se rompeu, e a concentração atmosférica de CO₂ cresceu significativamente. Este fato coincide com o início da industrialização, possibilitada pelo advento de combustíveis fósseis como fontes energéticas. Além disso, o desmatamento de florestas e campos fechados para o uso do solo em atividades agrícolas também contribuiu para este evento (VITOUSEK *et al.*, 1997).

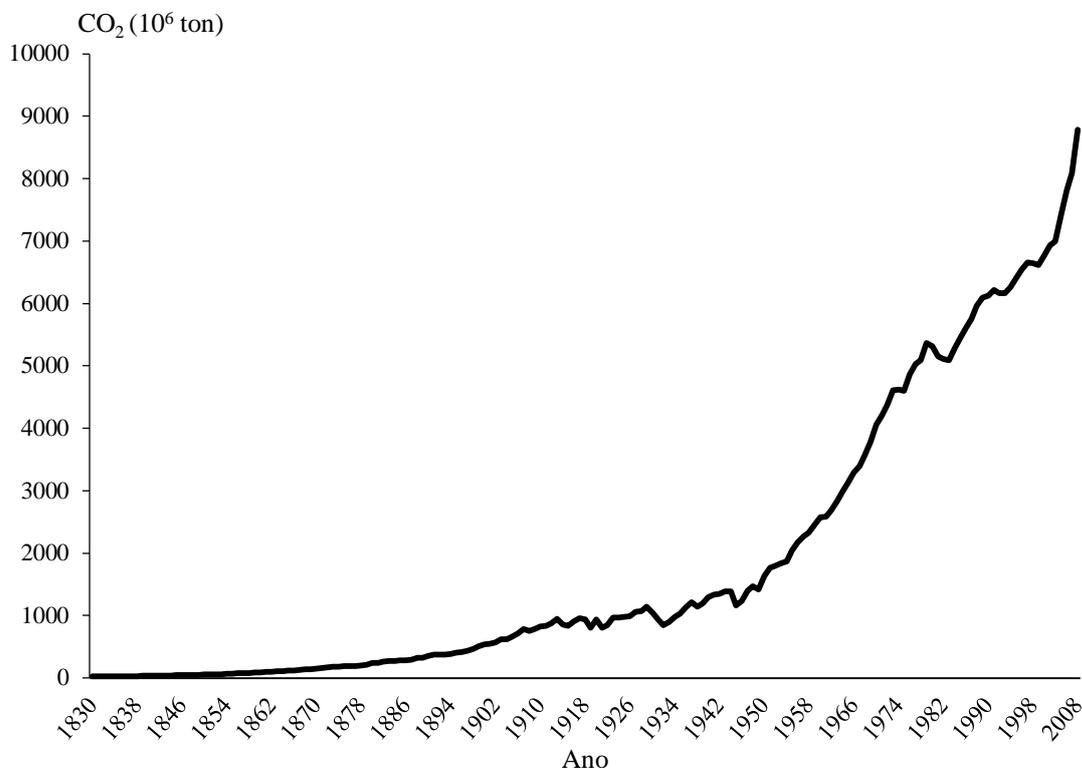
O gás carbônico é o principal componente do efeito estufa. Após a adoção de maquinaria no processo produtivo, abastecida por combustíveis fósseis, a atividade humana passou a influenciar diretamente o ciclo natural realizado pelo dióxido de carbono na natureza desde a pré-História. A partir deste fato, a emissão de CO₂ tornou-se uma consequência não desejada da atividade econômica. Kurz (2006) afirma que nenhum indivíduo, em sua consciência, deseja produzir um mal para si mesmo e para a sociedade. Entretanto, ações humanas podem gerar resultados favoráveis e contrários à intenção inicial, característica já notada em Smith (1759). Por exemplo, nenhum empresário utilizará, deliberadamente, sua planta para gerar poluição ou prejudicar o meio ambiente. Estas últimas são consequências não-intencionais da atividade humana, porém inerentes à sociedade baseada na mecanização e na produção em escala.

O gráfico 1, na próxima página, apresenta a concentração atmosférica de CO₂, em milhões de toneladas, entre os anos de 1830 e 2008, a partir de dados de Boden *et al.* (2010). Destaca-se o crescimento exponencial de emissões deste gás a partir de 1950, que coincide com os “anos dourados” do capitalismo. Nesta época, os investimentos após a Segunda Guerra Mundial privilegiaram a expansão de parques industriais, principalmente nos Estados Unidos e na União Soviética. Além disso, a recuperação da

⁵ Ver Rosales (2014).

Europa impulsionou a atividade econômica baseada no petróleo como principal fonte energética (MORAES, 2010).

Gráfico 1 - Concentração atmosférica de CO₂, 1830-2008



Fonte: Elaboração própria, a partir de Boden *et al.* (2010).

Os níveis inéditos de concentração atmosférica de CO₂ a partir de 1950 são uma consequência inerente ao progresso técnico baseado na mecanização e na queima de combustíveis fósseis. Rosales (2014) observa que o nível de concentração mais alto do gás na era pré-industrial foi de 298,7 partes por milhão (ppm), há mais de 300.000 anos. Já nos anos de 1959 e 2011, registrou-se concentrações de 315,97 ppm e 391,57 ppm, respectivamente. O crescimento atípico do acúmulo de CO₂, acima de 300 ppm, está diretamente relacionado à intervenção humana no meio natural, principalmente após a Revolução Industrial.

A relação entre o crescimento das emissões de dióxido de carbono e a intensificação do efeito estufa tem explicação na limitação da natureza. Os desmatamentos e a combustão de matéria orgânica para a produção de mercadorias geram uma quantidade de CO₂ e outros gases, como o metano e clorofluorcarbonetos (CFCs), que não é plenamente assimilada pela vegetação, oceanos e demais

reservatórios naturais de carbono. A intensificação do efeito estufa aumenta a temperatura do planeta, gerando o processo de mudanças climáticas.

O aumento da concentração de dióxido de carbono na atmosfera é uma consequência não-intencional da ação humana na ordem natural do planeta. Apesar de nenhum ser humano desejar produzir uma mercadoria que prejudique o planeta e seus habitantes, a poluição, a emissão de gases do efeito estufa e as mudanças climáticas são produzidos paralelamente ao fluxo de produção da sociedade capitalista. Desta forma, as emissões de dióxido de carbono podem ser consideradas como maus produtos gerados pelo modo de produção vigente desde que a humanidade passou a exceder os limites da natureza. Ao mesmo tempo em que a atividade industrial revolucionou o modo de vida da população, o espaço natural foi progressivamente tomado pelos interesses individuais, perdendo a capacidade de assimilar a expansão econômica.

3.3. PROGRESSO TÉCNICO E PRODUÇÃO DE BONS E MAUS PRODUTOS EM UMA PERSPECTIVA CLÁSSICO-MARXIANA

A partir da década de 1960, a contribuição dos economistas clássicos foi retomada em diversas linhas de pesquisa (GAREGNANI; PETRI, 1989). Uma delas buscou inserir a tendência declinante da taxa de lucro na teoria econômica moderna, com o objetivo de analisar trajetórias de longo prazo da economia global à luz do pensamento clássico (OKISHIO, 1961; MORISHIMA, 1973; CHRISTIANSEN, 1976; ROEMER, 1977). Esta perspectiva, conhecida como clássico-marxiana, analisa o desenvolvimento da sociedade capitalista baseada nos incentivos que a concorrência exerce sobre os capitalistas para a adoção de técnicas produtivas redutoras de custos e proporcionem lucros extraordinários (FOLEY, 1998). Historicamente, despesas com salários compõem a maior parte dos gastos produtivos, o que tornou a seleção de técnicas progressivamente apoiada na substituição de mão-de-obra humana por maquinaria, tendo como consequências a crescente produtividade do trabalho e o declínio da produtividade do capital.

Foley e Michl (1999) e Duménil e Levy (2003) desenvolveram modelos macroeconômicos de crescimento que procuram explicar trajetórias históricas e recentes de economias capitalistas. Baseados em identidades da contabilidade nacional e na tradição clássico-marxiana, estes autores afirmam que estas sociedades tendem a

apresentar, no longo prazo, trajetórias *à la Marx*, ou mudanças técnicas Marx-viesadas (PICHARDO, 2007). Isto significa que a tendência do capitalismo é de progressivo aumento da produtividade do trabalho e de redução da produtividade do capital, em virtude da utilização cada vez maior de máquinas e equipamentos no processo produtivo.

Neste ensaio, adota-se um sistema de estudo do progresso técnico que resulta na geração de bons e maus produtos, representados pelo Produto Interno Bruto (PIB) e pelas emissões de gás carbônico (CO₂), respectivamente, através do uso de três insumos: trabalho, capital e energia.

3.3.1. Um sistema de produção e progresso técnico

A produção conjunta é o caso geral da atividade econômica (JEVONS, 1965 [1871]). Geralmente, modelos tradicionais assumem a geração de apenas um bem; entretanto, a escala de produção capitalista impacta negativamente o meio natural, principalmente através da emissão entropogênica de gases de efeito estufa, oriunda da queima de combustíveis fósseis e desmatamentos. Um dos primeiros trabalhos que considerou a produção de bons e maus produtos no contexto macroeconômico é Marquetti e Pichardo (2013). Este ensaio procura aprofundar a análise destes autores, considerando a energia como insumo, junto ao capital e ao trabalho.

Assume-se que uma economia produz um bem, X , e um mau produto, B . Em linguagem macroeconômica, o bem é representado pelo Produto Interno Bruto, a soma do valor de mercado de todas as mercadorias finais produzidas em um período de tempo; já o mau produto compreende a emissão de gases poluentes, responsáveis pelo agravamento do efeito estufa e do processo de mudanças climáticas. Neste ensaio, B é representado pelas emissões de dióxido de carbono (CO₂), responsável por 77% das emissões totais das atividades humanas (IPCC, 2007). Na próxima página, a tabela 1 resume o processo de produção de bons e maus produtos, a partir dos insumos capital, trabalho e energia. Uma parcela do estoque de capital deprecia-se ao término de cada período. Assim, $K-D$ refere-se ao valor do insumo que permanece após um período de produção.

Tabela 1 - Tabela insumo-produto da geração de bons e maus produtos

<i>Insumos</i>			<i>Produtos</i>		
Capital	Trabalho	Energia	Bem	Mal	Capital
<i>K</i>	<i>N</i>	<i>E</i>	<i>X</i>	<i>B</i>	<i>K-D</i>

Fonte: Elaboração própria.

O processo produtivo de uma economia é representado por uma função de produção. Esta última indica como os insumos são combinados para gerar uma mercadoria final. As equações (10) e (11) abaixo ilustram as funções de produção, do tipo Leontief, para X e B , respectivamente.

$$X = \min(\rho K, xN, eE) \quad (10)$$

$$B = \min(aK, bN, cE) \quad (11)$$

onde K é o valor do estoque de capital, N é o número de trabalhadores, E é a oferta de energia da economia, x é a produtividade do trabalho, ρ é a produtividade do capital, e é a produtividade da energia, a razão entre o bom produto e a oferta de energia (X/E), a representa as emissões de CO_2 por unidade de capital, a razão entre o mau produto e o estoque de capital (B/K); b são as emissões por unidade de trabalho, a razão entre o mau produto e o número de trabalhadores (B/N), e c são as emissões por unidade de energia, a razão entre o mau produto e a oferta de energia (B/E). A razão entre o mau e o bom produto é calculada por $o = B/X$.

A tecnologia de uma economia é representada pelo conjunto de técnicas produtivas existentes no sistema em um dado período de tempo. No contexto da produção de bons e maus produtos, uma técnica de produção é descrita por variáveis técnicas e de intensidade de emissão. As primeiras são descritas pelos parâmetros (ρ, k, x, e), referentes à produção de X . Já as últimas são descritas por (a, b, c, o), relativas às emissões de B . Segundo Foley e Michl (1999), uma técnica de produção elenca três características a respeito do processo produtivo: (i) as quantidades de capital e energia necessárias para suprir uma unidade de trabalho, (ii) a quantidade de bons e maus

produtos gerados ao final do período e (iii) quanto do estoque de capital se deprecia ao longo do mesmo. A tabela 2 apresenta os coeficientes de insumo-produto do processo produtivo.

Tabela 2 - Coeficientes de insumo-produto da geração de bons e maus produtos

<i>Insumos</i>			<i>Produtos</i>		
Capital	Energia	Trabalho	Bem	Mal	Capital
k	e	1	x	b	$(1 - \delta)k$

Fonte: Elaboração própria.

A mudança técnica consiste no movimento de pelo menos um dos parâmetros (ρ , x , e) e (a , b , c) ao longo do tempo, que também pode ser representado por taxas de crescimento (MARQUETTI, PICHARDO, 2013). Por exemplo, a taxa de crescimento da produtividade do trabalho é calculada por $g_x = \Delta x/x$, onde Δ representa a variação do parâmetro entre dois períodos. Dessa forma, $g_\rho = \Delta\rho/\rho$ é a taxa de crescimento da produtividade do capital, $g_e = \Delta e/e$ é a taxa de crescimento da produtividade da energia, $g_a = \Delta a/a$ é a taxa de crescimento das emissões por unidade de capital, $g_b = \Delta b/b$ é a taxa de crescimento das emissões por unidade de trabalho, $g_c = \Delta c/c$ é a taxa de crescimento das emissões por unidade de energia e $g_o = \Delta o/o$ é a taxa de crescimento da razão entre o mau e o bom produto.

A literatura econômica enumera padrões de progresso técnico de acordo com a mudança de comportamento de pelo menos um dos indicadores de produtividade dos insumos ao longo do tempo. A mudança técnica é considerada neutra quando sua adoção não implica em alterações na distribuição de renda⁶ (JONES, 1979). Por exemplo, o progresso técnico Harrod-neutro corresponde a um aumento na taxa de crescimento da produtividade do trabalho ($g_x > 0$), mantendo-se a taxa de crescimento da produtividade do capital constante ($g_\rho = 0$). O progresso técnico Solow-neutro consiste no aumento da taxa de crescimento da produtividade do capital ($g_\rho > 0$) e na

⁶ Outra explicação para o termo “neutro” está presente em Beckmann e Sato (1969). Segundo os autores, o progresso técnico é Harrod-neutro quando a relação entre a razão capital/produto e a taxa de juros não se altera. Já o progresso técnico é Solow-neutro quando a relação entre o produto por trabalhador e a taxa de salário não se modifica. Por fim, o progresso técnico é Hicks-neutro quando a taxa marginal de substituição e a proporção dos insumos não muda.

taxa de crescimento da produtividade do trabalho constante ($g_x = 0$). Já o progresso técnico Hicks-neutro é poupador em todos os insumos, implicando em aumentos equivalentes nas respectivas taxas de crescimento das produtividades ($g_x = g_\rho = g_e$).

Foley e Michl (1999) afirmam que uma série de períodos da economia mundial caracterizaram-se por combinações de mudanças técnicas poupadoras de trabalho e utilizadoras de capital. Em outras palavras, houve aumentos na taxa de crescimento da produtividade do trabalho ($g_x > 0$) e declínio na taxa de crescimento da produtividade do capital ($g_\rho < 0$), comportamento semelhante ao observado por Marx (1988) sobre o progresso técnico no modo de produção capitalista. O aumento do uso de maquinaria exige menor quantidade de mão-de-obra para se gerar uma unidade de produto, reduzindo a produtividade do capital e aumentando a produtividade do trabalho. Este padrão de progresso técnico é conhecido como Marx-viesado (FOLEY; MICHL, 1999; MARQUETTI, 2003; PICHARDO, 2007).

Estendendo a análise destes padrões à produção de bons e maus produtos, as produtividades do trabalho, capital e energia podem ser descritas por:

$$\rho = \frac{X}{K} = \left(\frac{X}{K}\right) \cdot \left(\frac{B}{B}\right) = \left(\frac{X}{B}\right) \cdot \left(\frac{B}{K}\right) = \left(\frac{X}{B}\right) \cdot (a) = \left(\frac{1}{o}\right) \cdot (a) = \frac{a}{o} \quad (12)$$

$$x = \frac{X}{N} = \left(\frac{X}{N}\right) \cdot \left(\frac{B}{B}\right) = \left(\frac{X}{B}\right) \cdot \left(\frac{B}{N}\right) = \left(\frac{X}{B}\right) \cdot (b) = \left(\frac{1}{o}\right) \cdot (b) = \frac{b}{o} \quad (13)$$

$$e = \frac{X}{E} = \left(\frac{X}{E}\right) \cdot \left(\frac{B}{B}\right) = \left(\frac{X}{B}\right) \cdot \left(\frac{B}{E}\right) = \left(\frac{X}{B}\right) \cdot (c) = \left(\frac{1}{o}\right) \cdot (c) = \frac{c}{o} \quad (14)$$

As equações (12) e (13) estão presentes em Marquetti e Pichardo (2013). Já a equação (14) pode ser calculada devido à inclusão da energia como insumo. Em termos de taxas de crescimento, as relações acima podem ser descritas por:

$$g_\rho = g_a - g_o \quad (15)$$

$$g_x = g_b - g_o \quad (16)$$

$$g_e = g_c - g_o \quad (17)$$

Através da resolução do sistema linear da página anterior, descreve-se o progresso técnico Harrod-neutro por $g_x - g_e = g_b - g_a - g_c > 0$; o progresso técnico Solow-neutro como $g_p - g_e = g_a - g_b - g_c > 0$ e o progresso técnico Hicks-neutro por $g_x = g_p = g_e$. O progresso técnico Marx-viesado é calculado por $g_x - g_p - g_e = g_b - g_a - g_c > 0$.

A visão de progresso técnico baseada na perspectiva clássico-marxiana prevê uma série de tendências de longo prazo para economias capitalistas, a saber:

- (i) aumento na produção do bom e do mau produto;
- (ii) aumento na produtividade do trabalho e na relação capital-trabalho, em virtude da mecanização da produção;
- (iii) elevação do consumo de energia, abastecendo o capital;
- (iv) aumento do salário real;
- (v) queda na taxa de lucro.

A partir da próxima seção, aplica-se o sistema de estudo da geração de bons e maus produtos presente neste item à economia brasileira, para o período 1970-2008.

3.4. CRESCIMENTO ECONÔMICO BRASILEIRO: 1970-2008

Nesta seção, estuda-se o crescimento econômico brasileiro entre os anos de 1970 e 2008. Para isto, analisa-se o comportamento do PIB (X) e das emissões de CO_2 (B), bem como a utilização dos insumos trabalho (N), capital (K) e energia (E) no processo produtivo. Primeiramente, apresenta-se as fontes de dados e a metodologia empregadas. Em seguida, observa-se brevemente os antecedentes do período de estudo, contextualizando o processo de industrialização brasileira, reforçado com o processo de substituição de importações a partir dos anos 1930. Na sequência, discute-se as trajetórias das variáveis analisadas em quatro fases: 1970-1980, 1980-1989, 1989-2003 e 2003-2008. Finalmente, esta seção encerra com uma visão geral e comparada da evolução das variáveis analisadas durante todo o período.

3.4.1. Dados e metodologia

Trabalhos empíricos a respeito da economia brasileira no longo prazo exigem a busca de dados em diversas fontes. Desde o início da publicação das contas nacionais, em 1947, a última modificação metodológica ocorreu na edição *Sistema de Contas Nacionais – Referência 2000*. O PIB real é apresentado em reais (R\$) de 1995, a partir de IBGE (1990) e IBGE (2003), para o período 1970-1985, e de IBGE (2010) para o período 1995-2008.

O número de trabalhadores para o período 1990-1995 foi obtido em IBGE (2003), e IBGE (2010) apresenta os dados do período 1995-2008. Para o restante dos anos, utilizou-se os censos nacionais de 1970, 1975, 1980 e 1985, além da base de dados de Heston *et al.* (2006). O estoque líquido de capital fixo foi estimado pelo método dos estoques perpetuados (MARQUETTI; PICHARDO, 2013; MARQUETTI; PORSSE, 2014). Os dados da formação bruta de capital fixo do período 1970-1985 são de IBGE (2003), e IBGE (2010) traz as informações do intervalo 1995-2008.

Os dados relativos à oferta interna de energia, em toneladas equivalentes de petróleo (tep), para o período 1970-2008 foram obtidos a partir das séries históricas completas do Balanço Energético Nacional, elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética do Ministério de Minas e Energia (MME, 2014). Já as informações relativas à emissão de CO₂, em quilogramas (kg), no período 1970-2008, têm como fonte Boden *et al.* (2010).

3.4.2. Produção de bons e maus produtos e utilização de insumos na economia brasileira: 1970-2008

3.4.2.1. Antecedentes

A industrialização foi o modelo dominante de crescimento econômico adotado no Brasil a partir da década de 1930. Em se tratando de um país de desenvolvimento tardio, as bases do capitalismo já se encontravam constituídas em países centrais nesta época. Assim, as técnicas produtivas foram utilizadas com base em países de industrialização originária (CARDOSO JÚNIOR; GIMENEZ, 2011). Novos métodos produtivos não são um bem público, e por este motivo possuem um custo de aquisição, exigindo tempo de implementação nos países periféricos (MARQUETTI; PORSSE,

2014). A partir de 1930, intensificou-se a industrialização nacional pelo processo de substituição de importações, liderado pelo Estado e que procurou consolidar uma estrutura industrial no país, compreendendo a produção de diversas categorias de mercadorias.

A mecanização da economia brasileira ocorreu em etapas. A sequência de investimentos intensificou-se na década de 1930, com a indústria de bens de consumo leve e não-duráveis. Já nos anos 1950, setores mais intensivos em capital passaram a ter maior participação na atividade econômica, com destaque para as áreas de materiais para transporte, metalúrgica, mecânica, química e de comunicações. Além disso, introduziu-se o desenvolvimento do parque gerador de energia hidrelétrica do país. Segundo Marquetti *et al.* (2010), na década de 1950 iniciaram-se os "anos dourados" da industrialização brasileira, que se estenderam até o início dos anos 1970. A produção de bens de capital e de consumo duráveis expandiu-se com o Plano de Metas (1956-1960), que implantou a indústria automobilística e incentivou o ingresso de capitais estrangeiros em solo nacional. Entre 1953 e 1962, o PIB do país cresceu a taxas de 7,7% ao ano.

Em meados dos anos 1960, as diretrizes políticas modificaram-se com a instalação da ditadura militar. Uma série de reformas institucionais, financeiras e fiscais buscaram estabilizar a inflação, que já apresentava sinais de aceleração, e seguir o projeto de crescimento econômico. Ao final desta década, reforçou-se o processo de substituição de importações, culminando em um período conhecido como o "Milagre Econômico", entre os anos de 1968 e 1973. A partir de 1970, o Brasil sofreu uma série de mudanças estruturais, com o modelo de crescimento sendo interrompido nos anos 1980.

3.4.2.2. Fases do crescimento econômico brasileiro (1970-2008)

O crescimento econômico brasileiro no período 1970-2008 pode ser dividido em três fases, de acordo com a estratégia de desenvolvimento implementada em cada época: a primeira, de 1970 a 1980, a segunda, de 1989 a 2003, e a terceira, de 2003 a 2008. O período 1970-1980 caracterizou-se pelo protagonismo do setor industrial na economia, consequência do processo de industrialização por substituição de importações, iniciado na década de 1930. Entre os anos de 1989 e 2003, o país passou a adotar uma agenda neoliberal, com perda de participação da indústria no PIB e baixo

crescimento. O intervalo 1980-1989 representou uma transição entre as duas primeiras fases, marcada pela estagnação econômica, combinada com alta inflação. Por fim, a fase entre os anos de 2003 e 2008 refletiu a volta do crescimento econômico como o principal objetivo de política econômica. Além disso, novas tecnologias de informação e comunicação foram adotadas no país, contribuindo à volta de níveis expressivos de crescimento do PIB.

Os anos 1970 iniciaram com a economia ainda sob os efeitos do "Milagre Econômico" (WACHSMANN, 2005). Até 1980, o PIB, o número de trabalhadores, o estoque de capital e a produção de energia cresceram a taxas médias de 8,27%, 3,4%, 12,39% e 5,38% ao ano, respectivamente. Mendonça e Gutierrez (2000) definem os anos entre 1970 e 1975 como um período de energia barata, em que predominou o uso de petróleo e derivados, como diesel e óleo combustível, lenha, carvão vegetal e eletricidade. Este padrão alterou-se em 1973, com a ocorrência do primeiro choque do petróleo, quando membros da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP) decidiram reduzir a produção do insumo, cuja participação correspondia a mais de 80% da oferta mundial da época (MME, 2007). Com isto, o preço do barril de petróleo quadruplicou. Ao contrário de políticas contracionistas adotadas em outros países, o governo militar optou pela continuidade da agenda de crescimento, via industrialização e mecanização da economia.

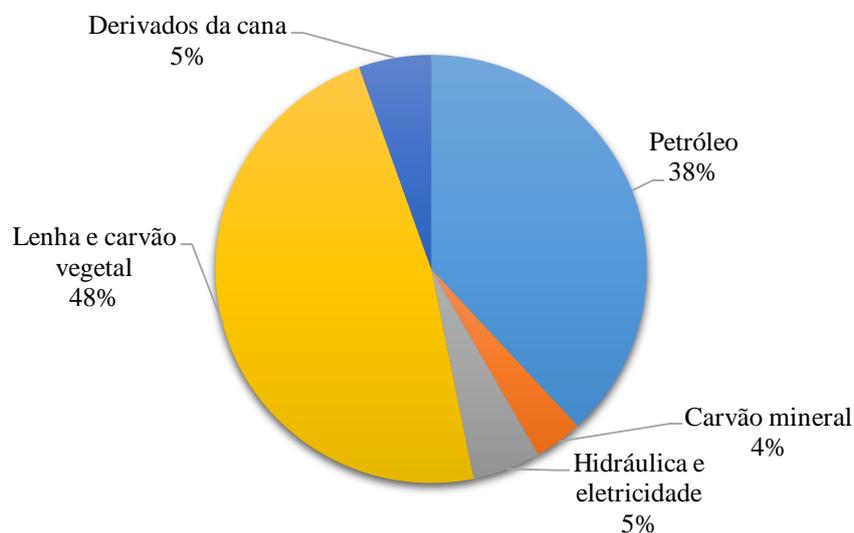
O II Plano Nacional de Desenvolvimento (II PND) representou a medida de ajuste adotada pelo Estado frente à crise do petróleo. Lançado em setembro de 1974 e financiado por endividamento externo, o plano teve como propostas centrais o aumento da capacidade energética, a produção de insumos básicos e de bens de capital (FONSECA; MONTEIRO, 2008). O princípio fundamental do II PND foi completar o processo de substituição de importações, tornando mais densa e complexa a estrutura industrial, com a implantação da agroindústria e dos setores de metais não-ferrosos, petroquímico, eletrônicos e bens intermediários. Em um cenário de crise externa, o II PND propôs o equilíbrio entre a atuação do Estado e da iniciativa privada nos investimentos (CANO; SILVA, 2010).

O setor de energia recebeu destacada atenção por parte do novo plano econômico. Conforme Fonseca e Monteiro (2008), o governo constatou que a crise energética internacional era de caráter estrutural, e não seria temporária. Desta forma, reduzir a dependência externa do petróleo e alterar a matriz energética constituíam-se necessidades para a continuidade do crescimento. Em 1979, o Brasil era dependente em

cerca de 85% da importação de petróleo de derivados. Com a crise energética externa, investiu-se na exploração maciça do insumo. Em 2005, o país atingiu a autossuficiência na produção de petróleo, registrando dependência externa de 8,3% em relação a todas as fontes de energia em 2008 (MME, 2007; MME, 2009).

A matriz energética representa a oferta interna de energia de que um país dispõe⁷. O gráfico 2, abaixo, descreve a matriz energética brasileira em 1970, composta em mais de 85% por petróleo, lenha e carvão vegetal. Com o primeiro choque do petróleo, constatou-se que a diversificação de fontes energéticas representaria outro mecanismo de resposta à crise externa, e a variedade de fontes renováveis disponível em território nacional impulsionou a exploração do potencial hídrico e de combustíveis alternativos no processo produtivo. Fonseca e Monteiro (2008) acrescentam que houve descentralização de investimentos públicos e privados, antes concentrados majoritariamente no eixo São Paulo-Rio de Janeiro. Incentivou-se a exploração de recursos naturais em outros estados, como o petróleo na região Nordeste, carvão no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, minérios de ferro no Pará e fosfato em Minas Gerais, entre outros.

Gráfico 2 - Matriz energética brasileira, 1970



Fonte: Elaboração própria, a partir de MME (2014).

⁷ Neste ensaio, produção e consumo de energia são equivalentes. Entende-se por consumo de energia a soma do consumo final, das perdas de transformação e das perdas de distribuição e armazenagem de insumos energéticos. Dessa forma, o consumo de energia iguala-se à oferta interna (WACHSMANN, 2005).

Em virtude da grande dependência de combustíveis fósseis, o período 1970-1980 apresenta a maior taxa de crescimento das emissões de dióxido de carbono de todo o intervalo 1970-2008, com 6,91% ao ano. Este perfil poluidor da indústria nacional da época foi consequência dos setores privilegiados nas etapas do processo de substituição de importações de anos anteriores. Este cenário alterou-se na década seguinte, em virtude da política energética empregada pelo II PND. Este último também privilegiou setores poluidores, como de bens intermediários, petroquímico, siderúrgico e de bens de capital. Entretanto, as taxas anuais de crescimento das emissões de CO₂ nas décadas seguintes não atingiram o mesmo patamar dos anos 1970.

A década de 1980 representou um período de transição da economia brasileira (MARQUETTI *et al.*, 2010). Devido ao cenário de crise interna e externa, a agenda de crescimento econômico foi suspensa e o ciclo virtuoso da indústria, interrompido. No âmbito político, houve um longo processo de retorno da democracia. No ano de 1979, ocorreu o segundo choque do petróleo, culminando em uma recessão de caráter global (WACHSMANN, 2005). Esta recessão externa repercutiu na economia brasileira, e as taxas de crescimento para o PIB, número de trabalhadores, estoque de capital e produção de energia foram de 2,62%, 2,88%, 4,72% e 2,75% ao ano, respectivamente. Devido ao baixo nível de atividade econômica, este período é conhecido como a "década perdida".

Entre 1980 e 1985, a atividade econômica voltou-se às exportações e a política energética se expandiu. Segundo Mendonça e Gutierrez (2001), nestes anos, surgiram os primeiros resultados do II PND, impulsionando as exportações de manufaturados. MME (2007) acrescenta que setores intensivos em energia, como os de aço, alumínio e ferroligas, avançaram, em virtude do excesso de capacidade instalada de geração elétrica e da necessidade de amenizar o déficit comercial. Do ponto de vista energético, implementou-se medidas de contenção das importações de derivados de petróleo, incentivando o uso do álcool e expandindo a produção interna. Além disso, consolidou-se a geração de energia hidrelétrica no país (MENDONÇA; GUTIEREZ, 2001).

A partir de 1985, o preço internacional do petróleo diminuiu de mais de US\$ 40 para cerca de US\$ 15, e as importações do insumo voltaram a crescer (MME, 2007). Além disso, as metas de política econômica dirigiram-se ao controle da inflação e ao aumento das exportações. Uma série de planos de combate à alta do nível de preços foi implementada, mas nenhuma foi capaz de conter a crise da dívida externa e de devolver dinamismo à atividade econômica. Em relação às emissões de dióxido de carbono,

houve crescimento médio de 1,49% ao ano. Wachsmann (2005) destaca que esta queda ocorreu em virtude do menor uso de gasolina, após o segundo choque do petróleo, e da substituição do uso residencial de lenha por gás liquefeito de petróleo (GLP), também chamado de gás de cozinha.

A partir da década de 1990, o Brasil adotou um modelo neoliberal (MARQUETTI *et al.*, 2010). Cano e Silva (2010) acrescentam que este processo apoiou-se na abertura comercial, na privatização de empresas estatais e na desregulamentação dos mercados, baseado nos pressupostos do Consenso de Washington (1989). Segundo este último, os mecanismos de mercado estimulariam a modernização do processo produtivo, promovendo o aumento da competitividade e da produtividade dos insumos. Ao longo desta década, o país recebeu novos fluxos de investimento e se inseriu no capitalismo financeiro e globalizado, ainda em um contexto de elevada inflação.

De 1989 a 1997, o PIB apresentou crescimento anual de 2,67%, desempenho similar ao de toda a década de 1980. Já as taxas de crescimento dos insumos trabalho, capital e energia foram, respectivamente, de 2,04%, 2,98% e 2,57% ao ano, abaixo dos índices da "década perdida". O controle da inflação, principal objetivo da política econômica de todo o período anterior e do início desta década, foi concretizado graças ao Plano Real. Lançado em 1994, este último representa o mecanismo que controlou o aumento do nível de preços, mas não foi capaz de devolver dinamismo à atividade econômica. Um dos custos à estabilização foi a elevação da dívida externa durante os anos 1990, que cresceu de US\$ 124 bilhões, em 1991, para US\$ 241,5 bilhões em 1998 (CYSNE, 1998).

Apesar do fraco desempenho econômico, a abertura comercial e a estabilização de preços provenientes do Plano Real favoreceram o consumo de energia em diversos setores. As áreas de eletricidade residencial e comercial, gasolina automotiva e querosene de aviação apresentaram desempenho acima da média de todo o setor energético, em virtude da melhor distribuição de renda (MME, 2007). As emissões de CO₂ apresentaram grande crescimento neste período, de 5,07% ao ano, em virtude da maior participação de setores industriais intensivos em energia e, conseqüentemente, mais poluentes (MENDONÇA; GUTIEREZ, 2001).

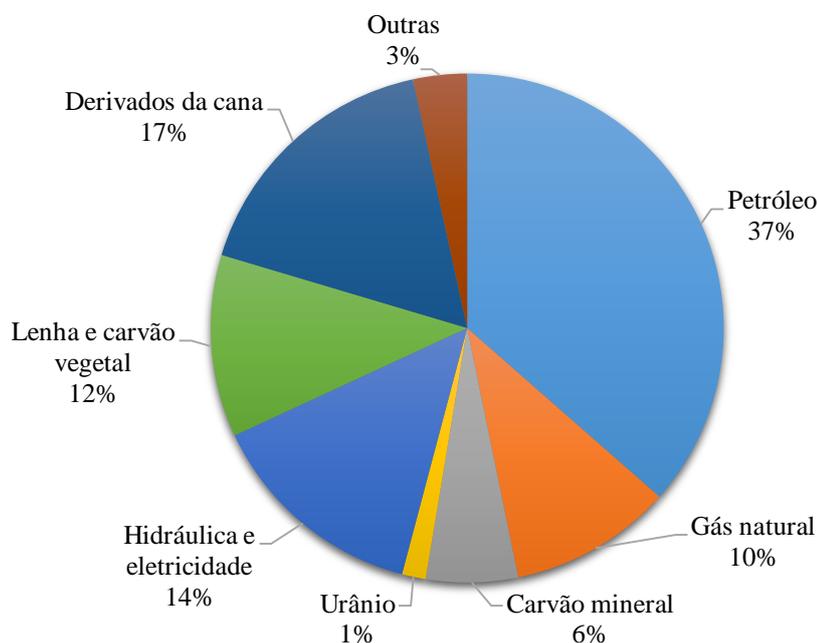
De acordo com MME (2007), sucessivas crises externas, como as ocorridas nos tigres asiáticos, México e Rússia, entre 1998 e 1999, afetaram a economia nacional, que optou por um ajuste com retração do crescimento. De 1997 a 2003, o PIB, o estoque de

capital e a oferta interna de energia apresentaram as menores taxas anuais de crescimento de todo o período 1970-2008, com 1,6%, 2,16% e 1,8%, respectivamente. O crescimento do número de trabalhadores foi de 2,29% ao ano, índice apenas superior ao do período 1989-1997. Em 2000, a atividade econômica apresentou sinais de melhora, após a desvalorização da moeda, ocorrida no ano anterior. Entretanto, no ano seguinte, a redução do nível de atividade da economia americana retraiu a recuperação brasileira. Além disso, houve uma crise de abastecimento de energia elétrica que afetou todas as regiões do país (MME, 2007). Este momento da economia nacional também se refletiu na geração do mau produto, que apresentou taxa de crescimento de 0,18% ao ano.

A partir de 2003, o Brasil voltou a centrar as principais diretrizes da política econômica no crescimento do produto. Apesar das medidas macroeconômicas seguirem a tendência de governos anteriores, combinando metas de inflação com um regime de câmbio flutuante e geração de superávit primário, a emergência de uma política voltada ao setor industrial configurou-se em uma diferença fundamental do país em relação aos anos anteriores (CANO; SILVA, 2010). A política industrial propôs a incorporação de novos setores na cadeia produtiva nacional, como biotecnologia, *softwares* e biomassa, entre outras energias renováveis. Através da inovação e do uso de novas tecnologias de comunicação e informação, o país buscou ampliar e modernizar a indústria doméstica, com o objetivo de estimular a competitividade externa.

De 2003 a 2008, o PIB cresceu a uma taxa de 4,7% ao ano, enquanto o estoque de capital e a força de trabalho evoluíram 3,02% e 2,65% ao ano, respectivamente. Todos estes índices foram os mais altos desde o intervalo 1970-1980, com exceção ao crescimento do número de trabalhadores, que foi o maior desde o período 1980-1989.

Em relação à matriz energética, o gráfico 3, na próxima página, mostra as principais fontes de energia do país em 2008. Em comparação a 1970, verifica-se que novas fontes passaram a integrar a oferta interna de energia brasileira, como o gás natural (10,3%) e o urânio (1,5%). O petróleo continuou como o principal combustível da atividade econômica, enquanto a lenha e o carvão vegetal apresentaram redução de 36% na participação em relação a 1970. Os derivados da cana-de-açúcar passaram a integrar 17% da oferta interna, enquanto a energia hidráulica e a eletricidade participam com 14%, quase o triplo em relação à matriz de 1970. Em termos totais, a produção de energia apresentou crescimento de 4,52% ao ano no período, o maior desde a década de 1970.

Gráfico 3 - Matriz energética brasileira, 2008

Fonte: Elaboração própria, a partir de MME (2014).

Apesar das principais medidas da política industrial do período destinarem-se a estimular novas tecnologias e a competitividade externa, os principais setores industriais continuaram sendo intensivos em recursos naturais e especializados em mercadorias de baixa intensidade tecnológica. Além disso, a emissão de gás carbônico apresentou taxa de crescimento de 3,83% ao ano. Os principais setores que contribuíram às emissões deste gás são o de ferro-gusa e aço, química, cimento, metais não ferrosos e mineração, que utilizam combustíveis fósseis poluentes, como carvão mineral, coque de carvão de petróleo, óleo combustível, óleo diesel e lenha.

Altas emissões de CO₂ relacionam-se aos combustíveis utilizados por cada atividade industrial. O setor de alimentos e bebidas, por exemplo, foi o principal consumidor de energia da matriz industrial brasileira em 2008, mas não aparece entre os principais poluidores, por utilizar fontes limpas, como a biomassa e o bagaço de cana-de-açúcar. Portanto, não é a quantidade de energia consumida que indica se o setor é prejudicial ao meio ambiente, mas as fontes energéticas utilizadas no processo produtivo (CAMIOTO; REBELATTO, 2011).

3.4.2.3. Visão geral

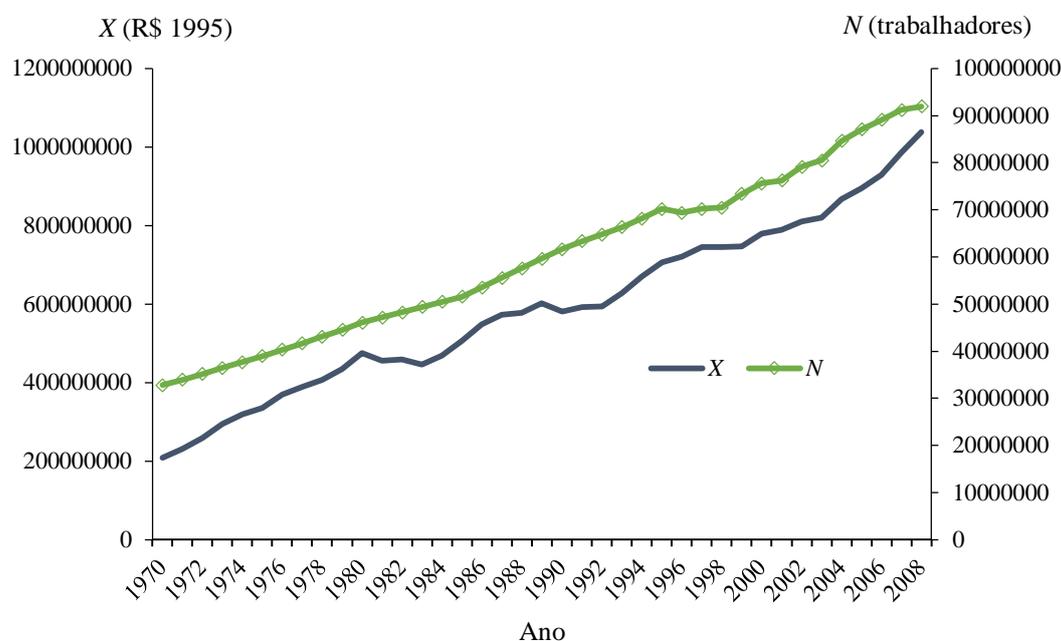
Ao longo de todo o período 1970-2008, a economia brasileira cresceu a taxas anuais de 4,23%. O número de trabalhadores, o estoque de capital e a produção de energia cresceram 2,71%, 5,74% e 3,49% ao ano, respectivamente. O modelo de desenvolvimento econômico adotado ocorreu, primeiramente, através da estratégia de substituição de importações. Após a década de 1980, caracterizada por estagflação e transição política, optou-se por um modelo neoliberal. Ao longo destes anos, o Brasil desenvolveu um processo produtivo progressivamente baseado na mecanização e no consumo de energia (IPEA, 2011).

Apesar de um modelo de industrialização requerer cada vez mais o consumo de energia para se sustentar, a posição do Brasil em relação à obtenção de fontes energéticas diferencia-o do restante do mundo. Em 1970, 58,4% da oferta interna de energia do país baseava-se em fontes renováveis, como hidráulica e eletricidade, lenha e carvão vegetal e derivados de cana. Já em 2008, este número caiu para 46,1%, significando que o processo produtivo passou a utilizar cada vez mais fontes não-renováveis e, portanto, mais poluentes, como petróleo e derivados, gás natural, carvão mineral e urânio (MME, 2014). Já a taxa de participação de fontes renováveis na matriz energética do restante do mundo é de 12,7% (MME, 2007). Além disso, segundo IPEA (2011), o consumo de energia por habitante no Brasil é de 1,34 tep/habitante, considerado baixo em comparação aos países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), de 4,69 tep/habitante, e à média mundial, de 1,78 tep/habitante.

Durante o período 1970-2008, o PIB, o número de trabalhadores, o estoque de capital e a oferta interna de energia apresentaram tendência de crescimento. O gráfico 4, na próxima página, mostra as evoluções do PIB (X) e do número de trabalhadores (N) neste intervalo. O número de trabalhadores cresceu durante todo o período, sendo que de 1995 a 2003, a taxa de crescimento foi menos acentuada. Entre 2003 e 2008, o número de trabalhadores voltou a crescer a taxas anuais superiores a todo o período 1970-2008, abaixo apenas da década de 1970. Já o PIB cresceu durante toda a década de 1970, impulsionado pelos anos finais do "Milagre Econômico" e pela continuidade da agenda de crescimento adotada pelo governo militar após o primeiro choque do petróleo. A partir de 1980, a crise da dívida e o ambiente de recessão econômica externa interromperam o crescimento econômico brasileiro, que foi recuperado entre 1983 e

1989, graças ao setor exportador e à consolidação de investimentos realizados pelo II PND. No início da década de 1990, com a adoção de um modelo neoliberal, a economia brasileira viveu nova recessão. Com o Plano Real e o controle inflacionário, a atividade econômica voltou a se expandir após o ano de 1994. Entre 1997 e 1999, o ambiente de crise internacional novamente afetou o crescimento do PIB, que voltou a crescer entre 2000 e 2003. A partir deste ano, o crescimento econômico voltou a ser o principal objetivo de política econômica. A nova política industrial introduziu novas tecnologias de informação e comunicação e houve melhor distribuição de renda. Desta forma, o crescimento acelerou-se até 2008.

Gráfico 4 - Evolução do PIB e do número de trabalhadores, Brasil, 1970-2008

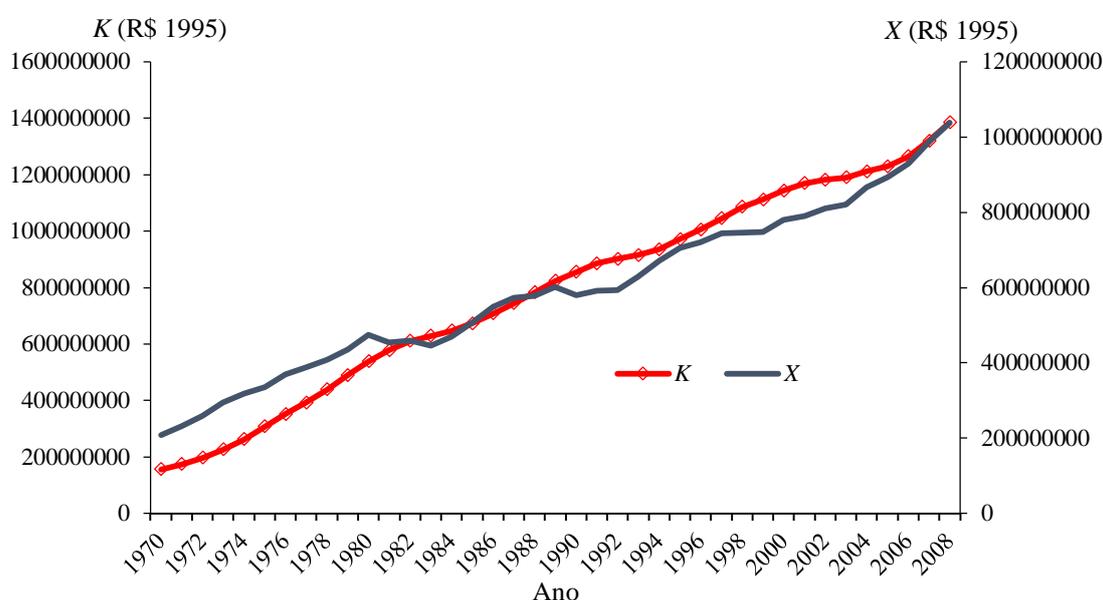


Fontes dos dados brutos: Elaboração própria, a partir de IBGE (1990), IBGE (2003) e IBGE (2010).

No gráfico 5, apresenta-se o crescimento do PIB (X) e do estoque de capital (K) entre 1970 e 2008. O estoque de capital cresceu ininterruptamente durante todo o período, o que evidencia o processo de mecanização do processo produtivo brasileiro. Intensificado a partir da década de 1930, com a estratégia de substituição de importações, o rápido crescimento do estoque de capital durou até a década de 1980, quando a agenda de crescimento foi suspensa, e o país viveu uma recessão econômica. Do início da "década perdida" até 2003, o estoque de capital passou a crescer a taxas cada vez menores. Nesta mesma fase, iniciou-se o processo de desindustrialização da

economia brasileira, com perda de participação da indústria no PIB e na pauta de exportações⁸. Segundo Marquetti e Porsse (2014), entre o início dos anos 1980 e os primeiros anos da década de 1990, a acumulação de capital foi desestimulada pela baixa lucratividade e pela crise da dívida. Já entre meados da década de 1990 e 2003, a acumulação de capital foi baixa em virtude da queda na taxa de investimento. Após o ano de 2003, com a retomada do crescimento econômico, a taxa de crescimento do estoque de capital voltou a se expandir.

Gráfico 5 - Evolução do estoque de capital e do PIB, Brasil, 1970-2008



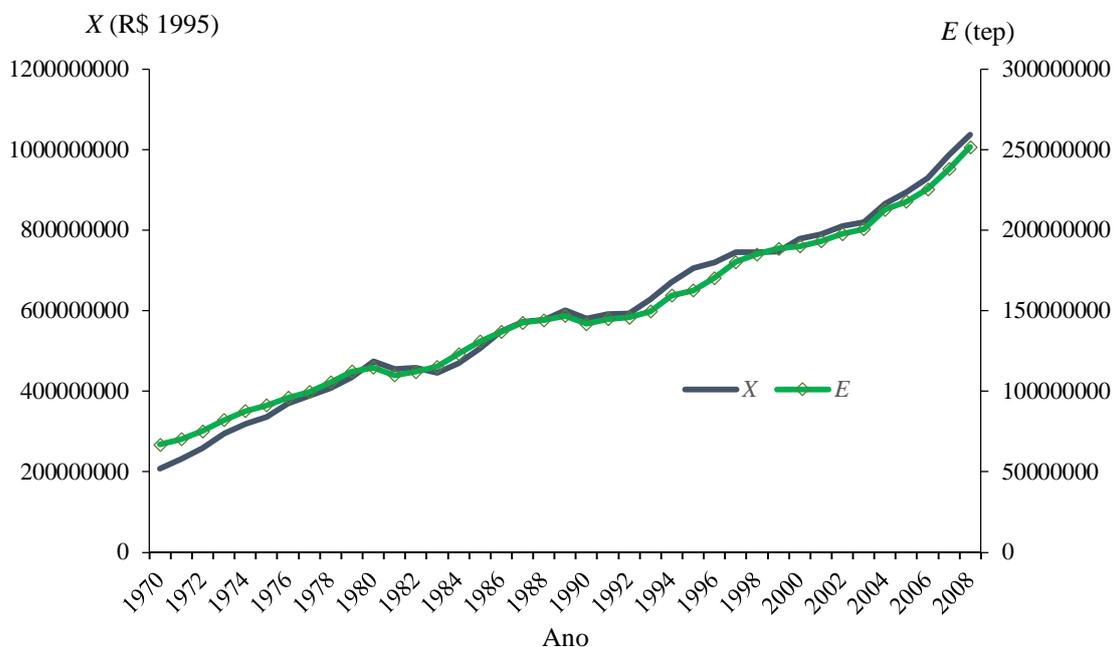
Fontes dos dados brutos: Elaboração própria, a partir de IBGE (1990), IBGE (2003) e IBGE (2010).

O gráfico 6 mostra a evolução do PIB (X) e da oferta interna de energia (E) no Brasil, entre 1970 e 2008. A produção energética acompanhou o crescimento do PIB de forma paralela neste período. Em anos de expansão do PIB, o consumo energético também cresceu, em virtude da estrutura produtiva exigir cada vez mais energia para se desenvolver. Em períodos de recessão, como no início dos anos 1980 e 1990, PIB e energia também se comportaram de modo semelhante, com duas exceções. Na primeira, entre 1981 e 1983, apesar da crise do início da década, houve aumento nas exportações de manufaturados intensivos em energia, como mercadorias de aço, ferro-ligas e alumínio (WACHSMANN, 2005). Na segunda, entre 1998 e 2000, houve retração

⁸ Sobre a desindustrialização da economia brasileira, ver Furtado e Carvalho (2005) e Feijó e Lamonica (2012).

econômica, mas a oferta energética aumentou, devido ao crescimento do consumo individual de álcool, gasolina automotiva e energia elétrica residencial.

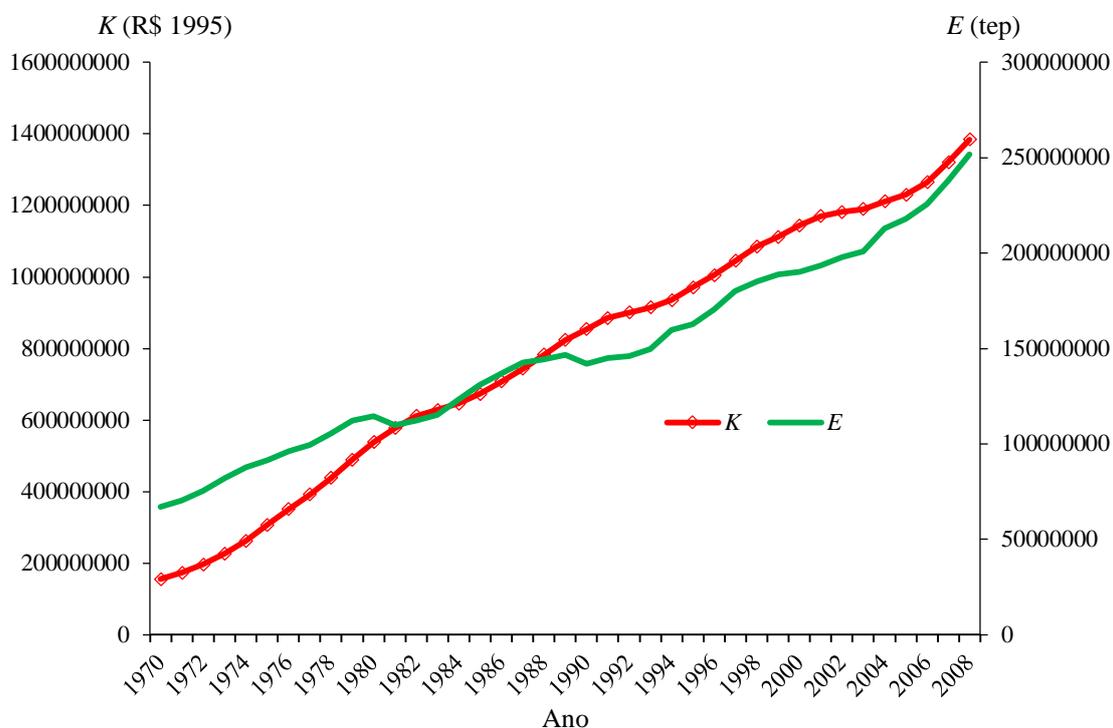
Gráfico 6 - Evolução do PIB e da produção de energia, Brasil, 1970-2008



Fontes dos dados brutos: Elaboração própria, a partir de IBGE (1990), IBGE (2003), IBGE (2010) e MME (2014).

No gráfico 7, apresenta-se a evolução do estoque de capital (K) e da produção de energia (E) no período analisado. Na primeira década, as duas variáveis apresentaram rápido crescimento, em virtude da aceleração da industrialização. A partir dos anos 1980, a oferta de energia foi afetada pelo segundo choque do petróleo, e o estoque de capital, pela perda de dinamismo do setor industrial. Capital e energia passaram a crescer a taxas inferiores às da “década perdida” até 2003. Deste ano a 2008, a recuperação do crescimento econômico brasileiro repercutiu positivamente nestas variáveis, que apresentaram aumento nas taxas de crescimento.

Gráfico 7 - Evolução do estoque de capital e da produção de energia, Brasil, 1970-2008

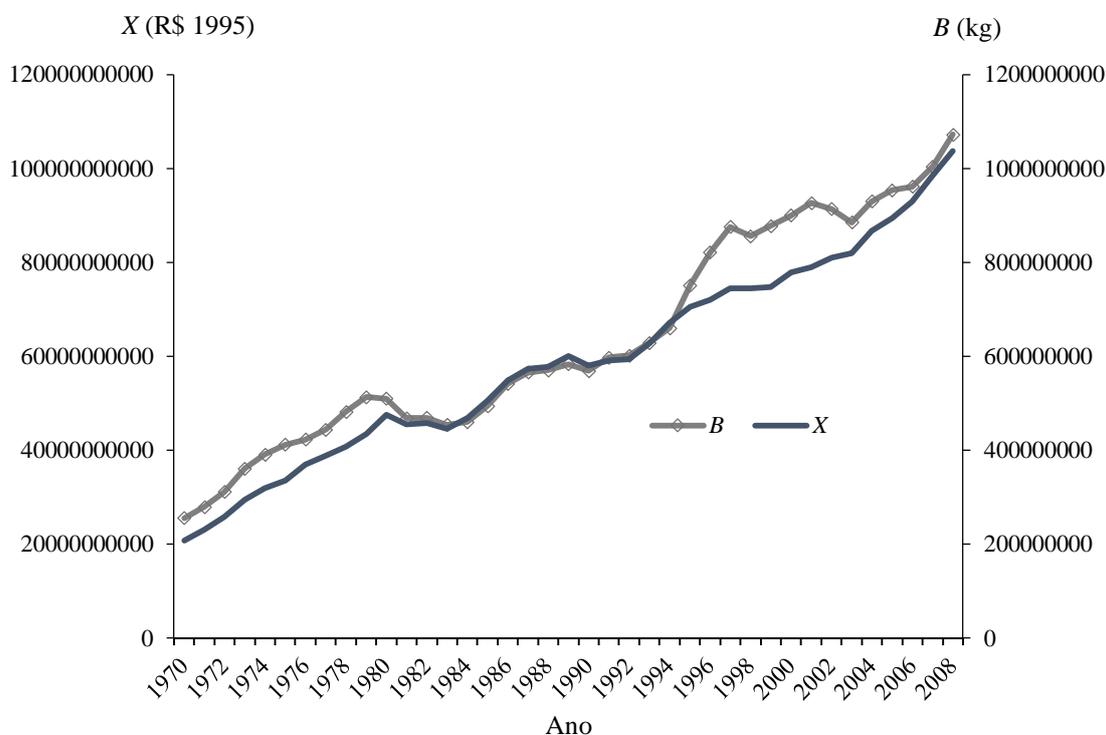


Fontes dos dados brutos: Elaboração própria, a partir de IBGE (1990), IBGE (2003), IBGE (2010) e MME (2014).

Entre 1970 e 2008, a taxa de crescimento das emissões de gás carbônico foi de 3,77% ao ano. O gráfico 8 mostra a evolução da produção de PIB (X) e de CO_2 (B) nestes anos. A exemplo da energia, as emissões de CO_2 também foram influenciadas diretamente pela atividade econômica. Em períodos de crescimento, as emissões aumentaram; em fases de recessão, reduziram-se. A geração do mau produto cresceu durante toda a década de 1970, acompanhando a expansão do PIB. A indústria da época foi abastecida por fontes altamente poluentes, como derivados de petróleo, lenha e carvão vegetal. Nos primeiros anos da "década perdida", as emissões apresentaram queda. Quando a atividade econômica começou a se recuperar, as emissões também retomaram crescimento, em virtude do ganho de participação de indústrias produtoras de bens intermediários, como a siderúrgica, de minerais não-metálicos e metalúrgica. Estes setores impulsionaram o crescimento do PIB durante a segunda metade da década de 1980, e também provocaram o aumento das emissões de CO_2 , uma vez que são mais poluentes e intensivas em recursos naturais do que a média das indústrias de transformação (BARCELLOS, 2001).

De 1994 a 1997, a geração do mau produto apresentou crescimento mais acentuado do que o PIB. O Plano Real possibilitou melhor distribuição de renda com o controle da inflação, e o consumo de gasolina automotiva e querosene de aviação apresentaram grande taxa de crescimento nestes anos, de 13,8% e 9,4% ao ano, respectivamente. Com o crescimento do setor de transportes, as emissões de gás carbônico também aumentaram. Entre 1997 e 1998, a retração econômica também influenciou a geração de gás carbônico, que apresentou queda. Entre 2001 e 2003, a indústria apresentou baixo desempenho, e o crescimento do PIB, de 1,7% ao ano, foi liderado pelo setor agropecuário, que cresceu 13% em 2002 (MME, 2007). Nesta época, o consumo de derivados de petróleo e eletricidade residencial retraíram-se, o que provocou a redução das emissões neste período. Com a retomada do crescimento econômico a partir de 2003, as emissões voltaram a acompanhar a trajetória do PIB. De 2003 a 2008, a taxa anual de crescimento da produção de CO₂ (3,83%) superou a de todo o período estudado (3,77%).

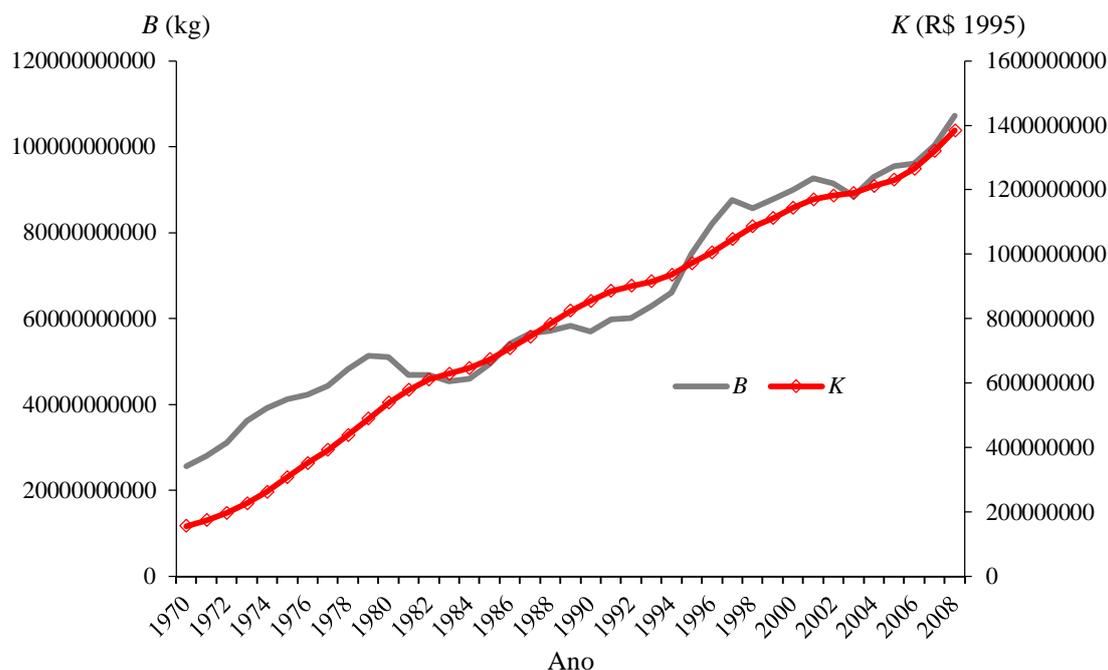
Gráfico 8 - Evolução do PIB e das emissões de CO₂, Brasil, 1970-2008



Fontes dos dados brutos: Elaboração própria, a partir de IBGE (1990), IBGE (2003), IBGE (2010) e Boden *et al.* (2010).

O gráfico 9 mostra a evolução da geração de CO₂ (*B*) e do estoque de capital (*K*) durante o período 1970-2008. Durante a década de 1970, as taxas anuais de crescimento do mau produto (6,91%) e do capital (12,39%) foram as maiores de todo o período estudado. A mecanização do processo produtivo nacional foi abastecida por combustíveis fósseis altamente poluentes, como os derivados de petróleo, carvão vegetal e lenha. Este fato explica o crescimento das emissões de CO₂ neste período. Durante a década de 1980, o ambiente de recessão desacelerou a acumulação de capital, e a indústria passou a perder participação no PIB. Apesar da desindustrialização, o estoque de capital brasileiro continuou a crescer durante todo o período estudado. As emissões de CO₂ também passaram a crescer a taxas inferiores às da década de 1970.

Gráfico 9 - Evolução das emissões de CO₂ e do estoque de capital, Brasil, 1970-2008



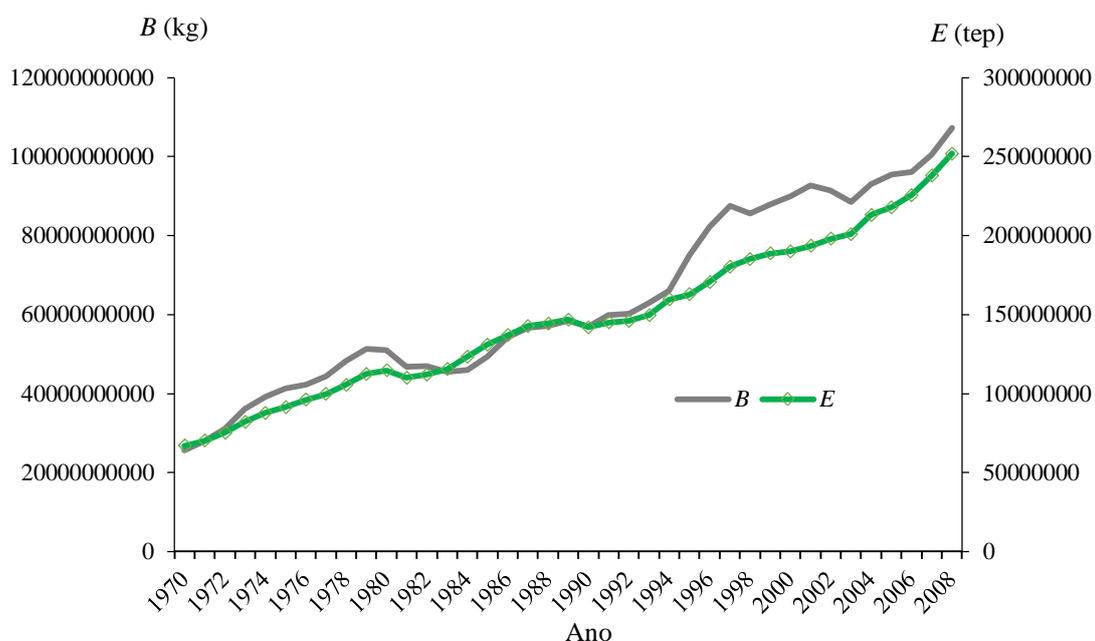
Fontes dos dados brutos: Elaboração própria, a partir de IBGE (1990), IBGE (2003), IBGE (2010) e Boden *et al.* (2010).

Finalmente, o gráfico 10 apresenta o crescimento das emissões de CO₂ (*B*) e do consumo de energia (*E*) para o período analisado. Durante a década de 1970, o processo produtivo brasileiro baseou-se intensivamente em petróleo e derivados, lenha e carvão vegetal, o que explica as altas taxas de crescimento das emissões para estes anos. A partir da década de 1980, resultados provenientes do II PND concretizaram-se nos

setores energético e industrial, o que expandiu a participação de indústrias intensivas em fontes menos poluentes, como a eletricidade e a biomassa (MME, 2007). Além disso, os altos preços dos derivados de petróleo, em virtude do segundo choque, também contribuíram para a queda nas emissões, visto que se utilizou menos gasolina no consumo individual. Por fim, durante esta década, ocorreu a substituição do uso residencial de lenha por GLP.

Do início dos anos 1990 a 1997, o consumo de derivados de petróleo voltou a subir. A estabilização da economia e a melhor distribuição de renda contribuíram para o aumento do uso de eletricidade residencial e comercial, além do maior uso de gasolina e óleo diesel no setor de transportes. De 1997 a 2003, a produção de energia cresceu ininterruptamente, enquanto as emissões de CO₂ apresentaram dois momentos de queda. No primeiro, entre 1997 e 1998, a crise econômica afetou o desempenho da indústria, o que contribuiu para a menor geração de poluentes. Já no segundo, entre 2001 e 2003, o setor industrial também perdeu dinamismo, e a agropecuária teve a maior participação no PIB.

Gráfico 10 - Evolução das emissões de CO₂ e da produção de energia, Brasil, 1970-2008



Fontes dos dados brutos: Elaboração própria, a partir de IBGE (1990), IBGE (2003), IBGE (2010), Boden *et al.* (2010) e MME (2014).

A tabela 3 apresenta as taxas anuais de crescimento dos insumos trabalho, capital e energia e dos dois produtos para o período 1970-2008 e para as respectivas fases de crescimento econômico. Entre os anos de 1970 e 1980, todas as variáveis apresentaram as maiores taxas de crescimento de todo o período analisado. Quando o modelo de industrialização por substituição foi suspenso, em virtude da crise da dívida dos anos 1980, todas as variáveis continuaram a crescer, mas a taxas inferiores. Somente após o ano de 2003, com a volta do crescimento à pauta da política econômica, o crescimento do PIB e dos insumos apresentaram crescimento mais elevado. A exceção foram as emissões de CO₂, que também cresceram expressivamente nesta fase, mas a taxas menores do que no período 1989-1997, em que apresentou expansão de 5,07% ao ano. A entrada de novos capitais com a liberalização econômica do início dos anos 1990 e o maior consumo de combustíveis pelo setor de transportes após o Plano Real contribuíram para o crescimento da geração do mau produto nesta época.

Tabela 3 - Taxas anuais de crescimento dos insumos, do PIB e das emissões de CO₂, Brasil, 1970-2008 (%)

<i>Período</i>	<i>X</i>	<i>B</i>	<i>K</i>	<i>N</i>	<i>E</i>
1970-2008	4,23	3,77	5,74	2,71	3,49
1970-1989	5,60	4,34	8,76	3,15	4,13
1970-1980	8,27	6,91	12,39	3,40	5,38
1980-1989	2,62	1,49	4,72	2,88	2,75
1989-2003	2,21	2,98	2,63	2,14	2,24
1989-1997	2,67	5,07	2,98	2,04	2,57
1997-2003	1,60	0,18	2,16	2,29	1,80
2003-2008	4,70	3,83	3,02	2,65	4,52

Fontes dos dados brutos: Elaboração própria, a partir de IBGE (1990), IBGE (2003), IBGE (2010), Boden *et al.* (2010) e MME (2014).

3.5. PROGRESSO TÉCNICO NA ECONOMIA BRASILEIRA: 1970-2008

Uma das formas de se analisar o progresso técnico de uma economia é através do comportamento das produtividades dos insumos em um período de tempo (MARQUETTI; PORSSE, 2014; DUMÉNIL; LEVY, 2003). Em um contexto de produção de bons e maus produtos, o progresso técnico pode ser estudado por meio da evolução das variáveis técnicas, ou seja, relacionadas à geração de PIB (x, ρ, k, e) e das

variáveis relativas à intensidade de emissão do mau produto (a , b , c , o) ao longo do tempo.

Esta seção investiga o comportamento das variáveis técnicas e de intensidade de emissão no período 1970-2008. Considera-se as mesmas fases de crescimento econômico brasileiro neste intervalo de tempo: 1970-1980, 1980-1989, 1989-2003 e 2003-2008. A produtividade do trabalho (x), a relação capital-trabalho (k) e a produtividade da energia (e) apresentaram taxas anuais de crescimento positivas, de 1,52%, 3,03% e 0,74%, respectivamente. A produtividade do capital (ρ) reduziu-se a uma taxa de -1,51% ao ano. Em relação às variáveis de intensidade de emissão, as emissões por unidade de capital (a) também apresentaram taxa anual de crescimento negativa, de -1,97%, ao passo que as emissões por trabalhador (b) cresceram 1,06%, as emissões por unidade de energia (c), 0,29%, e a relação entre o mau e o bom produto (o), 0,46% ao ano. De 1970 a 2008, a economia brasileira apresentou padrão de progresso técnico Marx-viesado e poupador de energia, uma vez que as produtividades do trabalho e da energia apresentaram taxa de crescimento positiva, e a taxa de crescimento da produtividade do capital declinou neste período.

Na primeira fase de crescimento estudada, entre 1970 e 1980, a produtividade do trabalho expandiu-se 4,88%, enquanto a produtividade da energia cresceu 2,89% e a produtividade do capital declinou -4,11% ao ano. Esta fase corresponde à última década de intensa mecanização do processo produtivo nacional, abrangendo os três últimos anos do “Milagre Econômico” e a implementação do II PND. A relação capital-trabalho cresceu 8,99% ao ano, reforçando a liderança do setor industrial no crescimento do PIB desta década.

A década de 1980 representou a transição do modelo de substituição de importações para uma agenda econômica neoliberal. Nestes anos de baixo crescimento econômico, as produtividades do trabalho, do capital e energia reduziram-se em -0,25%, -2,1% e -0,12% ao ano, respectivamente. As medidas do II PND não se mostraram capazes de manter o ritmo de crescimento do PIB, porém alguns de seus investimentos concretizaram-se nesta década. A relação capital-trabalho cresceu 1,85% ao ano. A crise da industrialização por substituição de importações reduziu a participação da indústria no PIB, iniciando-se o processo de desindustrialização da economia nacional (FEIJÓ; LAMONICA, 2012; MARQUETTI; PORSSE, 2014).

Entre os anos de 1989 e 2003, a produtividade do trabalho voltou a crescer, ainda que a uma taxa reduzida, de 0,07% ao ano. Já as produtividades do capital e da

energia continuaram a decair, registrando quedas de -0,42% e -0,03% ao ano, respectivamente. A exemplo da seção anterior, divide-se esta fase em dois subperíodos: 1989-1997 e 1997-2003. No primeiro, apenas a produtividade do capital declinou, registrando -0,3% ao ano. Já a produtividade do trabalho cresceu 0,64% e a produtividade da energia, 0,11% ao ano. Nestes anos, a relação capital-trabalho continuou em queda, mas ainda apresentou crescimento positivo, de 0,94% ao ano. Já entre 1997 e 2003, este último caiu a uma taxa de -0,13% ao ano. Da mesma forma, as produtividades dos três insumos registraram taxas anuais de crescimento negativo: -0,69% para a produtividade do trabalho, -0,56% para a produtividade do capital e -0,21% ao ano para a produtividade da energia.

Por fim, entre 2003 e 2008, o nível de atividade econômica voltou a crescer, refletindo-se na expansão positiva de todos os parâmetros técnicos. Enquanto a produtividade do trabalho cresceu 2,05% ao ano, as produtividades do capital e da energia cresceram 1,67% e 0,17% ao ano, respectivamente. A relação capital-trabalho também registrou aumento nesta fase, de 0,37% ao ano.

A tabela 4, na próxima página, apresenta as taxas anuais de crescimento das variáveis técnicas e de intensidade de emissão de CO₂ para todo o período estudado e para as diferentes fases do crescimento econômico brasileiro. De acordo com as taxas de crescimento, o padrão de progresso técnico de todo o período 1970-2008 foi Marx-viesado e poupador de energia ($g_x > 0$, $g_e > 0$, $g_p < 0$). Entre os anos de 1970 e 1980, o padrão de progresso técnico também foi Marx-viesado e poupador de energia. Entre 1980 e 1989, observou-se um padrão consumidor de insumos ($g_x < 0$, $g_e < 0$, $g_p < 0$). Já entre 1989 e 2003, o padrão foi Marx-viesado e consumidor de energia ($g_x > 0$, $g_e < 0$, $g_p < 0$). Por fim, entre os anos de 2003 e 2008, o progresso técnico foi poupador em todos os insumos ($g_x > 0$, $g_e > 0$, $g_p > 0$).

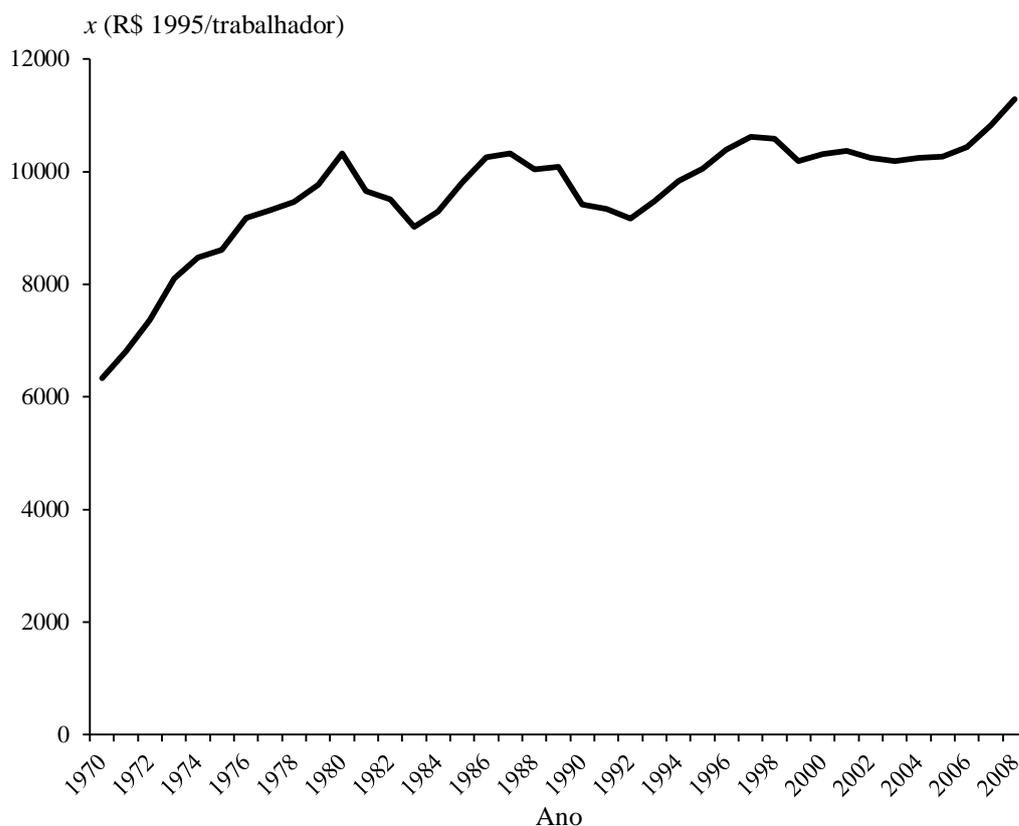
Os dados referentes ao progresso técnico da economia brasileira apontam que, apesar do padrão dominante ser Marx-viesado e poupador de energia, o mesmo não se reflete nos últimos anos. Conforme a tabela 4, na próxima página, observa-se que do final da década de 1990 a 2003, o padrão de progresso técnico alterou-se para consumidor de insumos, a exemplo da “década perdida”. Na fase seguinte, de 2003 a 2008, ocorreu um padrão poupador de insumos. A partir das taxas de crescimento observadas, pode-se afirmar que os últimos anos do período estudado indicam uma nova trajetória de progresso técnico da economia brasileira.

Tabela 4 - Taxas anuais de crescimento das variáveis técnicas e de intensidade de emissão de CO₂, Brasil, 1970-2008 (%)

<i>Período</i>	<i>x</i>	<i>k</i>	<i>ρ</i>	<i>e</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>o</i>
1970-2008	1,52	3,03	-1,51	0,74	-1,97	1,06	0,29	0,46
1970-1989	2,45	5,61	-3,16	1,46	-4,41	1,19	0,21	1,25
1970-1980	4,88	8,99	-4,11	2,89	-5,48	3,51	1,53	1,37
1980-1989	-0,25	1,85	-2,10	-0,12	-3,23	-1,38	-1,25	1,13
1989-2003	0,07	0,48	-0,42	-0,03	0,35	0,83	0,74	-0,77
1989-1997	0,64	0,94	-0,30	0,11	2,10	3,04	2,51	-2,40
1997-2003	-0,69	-0,13	-0,56	-0,21	-1,97	-2,11	-1,62	1,41
2003-2008	2,05	0,37	1,67	0,17	0,80	1,18	-0,70	0,87

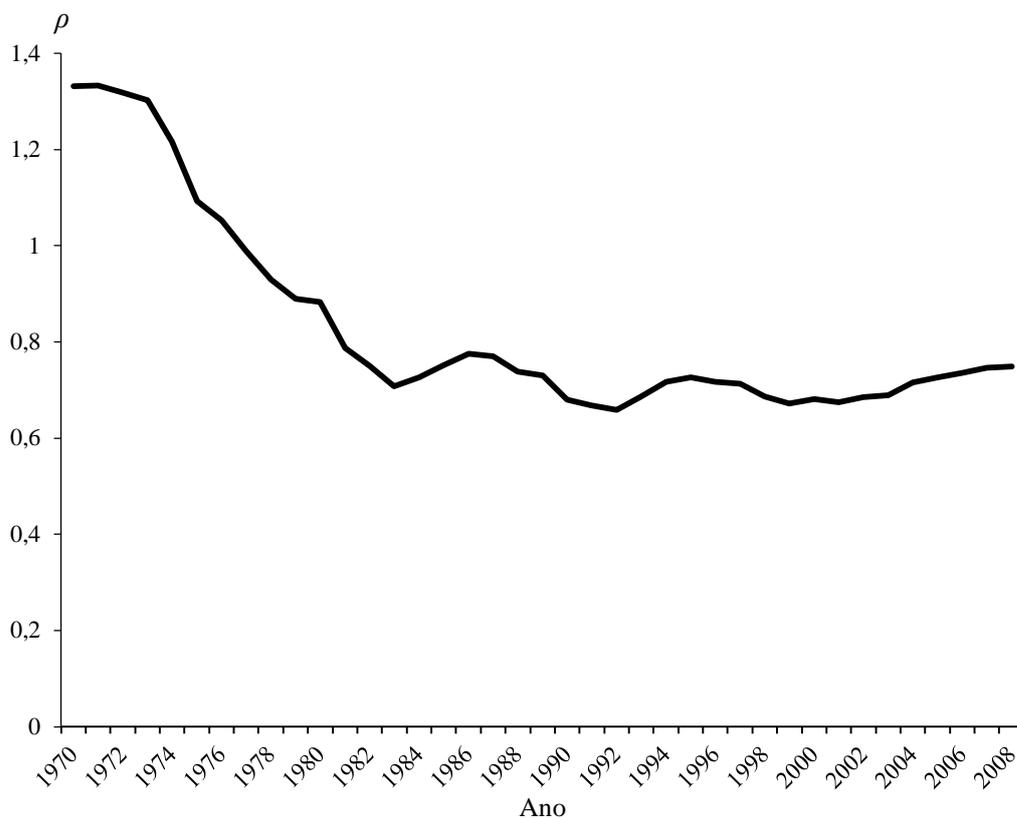
Fontes dos dados brutos: Elaboração própria, a partir de IBGE (1990), IBGE (2003), IBGE (2010), Boden *et al.* (2010) e MME (2014).

Dos gráficos 11 a 14, a seguir, apresenta-se as trajetórias de crescimento das variáveis técnicas para o período 1970-2008. No gráfico 11, na próxima página, observa-se a evolução da produtividade do trabalho (x) entre 1970 e 2008. Durante a primeira década, houve um rápido crescimento, que atingiu o pico em 1980. Nesta fase de mecanização do processo produtivo nacional, menos trabalhadores foram necessários para produzir uma unidade de PIB, elevando a produtividade do trabalho. Durante a "década perdida", este parâmetro passou por uma estagnação, que durou até meados da década seguinte. Nos anos 1990, a produtividade do trabalho voltou a crescer, mas a taxas inferiores às da primeira fase. De 2003 a 2008, a retomada do crescimento econômico fez a produtividade do trabalho volta a se expandir.

Gráfico 11 - Produtividade do trabalho, Brasil, 1970-2008

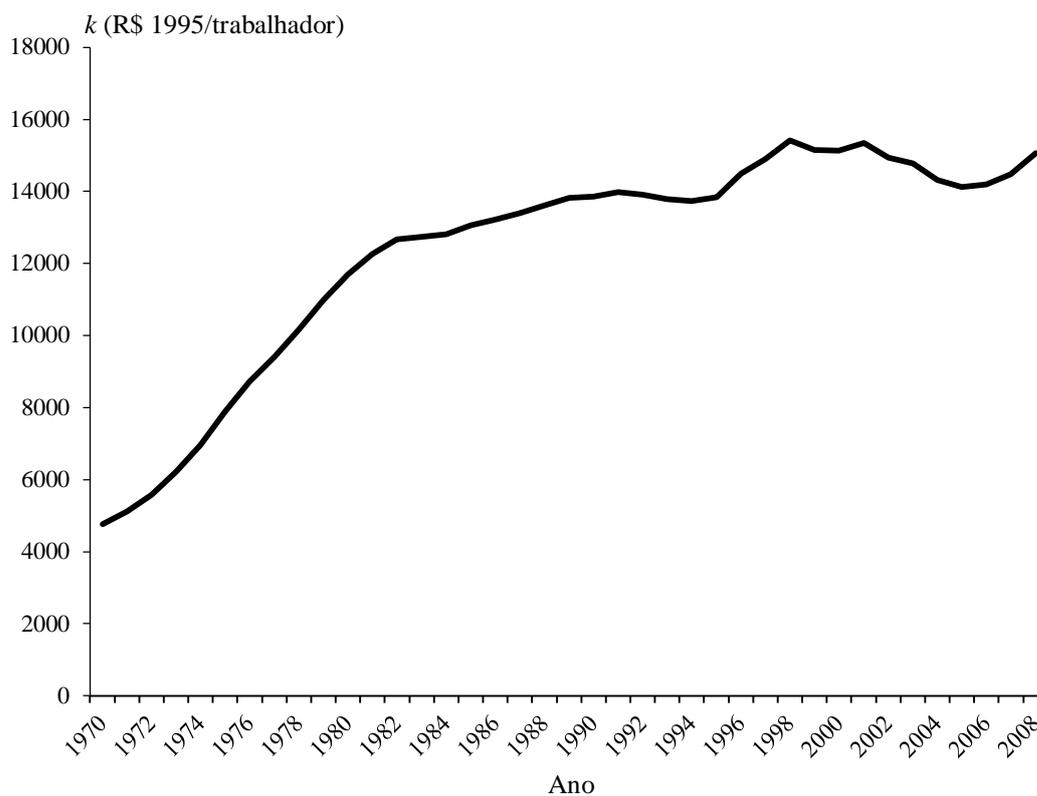
Fontes dos dados brutos: Elaboração própria, a partir de IBGE (1990), IBGE (2003) e IBGE (2010).

O gráfico 12 mostra a evolução da produtividade do capital (ρ), a preços de 1995, no período 1970-2008. Entre 1970 e 1983, a industrialização fez com que a produtividade do capital apresentasse rápida queda. Nesta fase, uma quantidade cada vez maior de capital foi necessária para produzir uma unidade de produto. A partir deste último ano, houve uma leve recuperação da variável, que durou até 1986, quando voltou a declinar. De 1992 até 2008, a produtividade do capital apresentou crescimento moderado. Marquetti e Porsse (2014) afirmam que a magnitude da produtividade do capital em 2008 foi similar à do início da década de 1980. Os autores acrescentam que este crescimento moderado dos últimos 16 anos pode refletir a adoção das novas tecnologias de informação e comunicação, a partir da abertura comercial do início dos anos 1990 e da política industrial adotada após 2003.

Gráfico 12 - Produtividade do capital, Brasil, 1970-2008

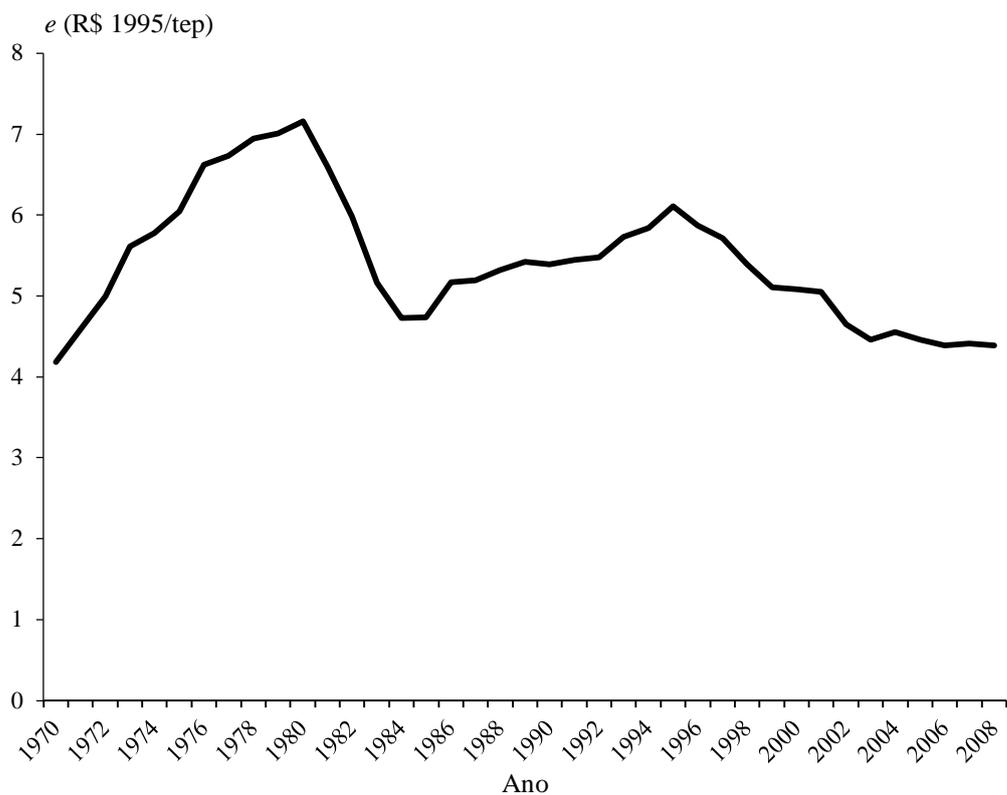
Fontes dos dados brutos: Elaboração própria, a partir de IBGE (1990), IBGE (2003) e IBGE (2010).

O gráfico 13 apresenta o comportamento da relação capital-trabalho (k) para o período estudado. De 1970 a 1982, ocorreu um rápido crescimento desta variável, resultado da estratégia nacional de industrialização por substituição de importações. Com a crise da “década perdida”, ocorre uma quebra estrutural nesta variável. Os investimentos reduziram-se, e o crescimento foi moderado até a metade da década de 1990, quando a abertura comercial promoveu a entrada de novos capitais no país. Houve uma expansão mais acentuada até 1998, que se manteve estável até 2001, quando o ambiente de crise mais uma vez reduziu a acumulação de capital. Após 2001, a relação capital-trabalho declinou até 2005, quando voltou a crescer até o último ano, refletindo a política industrial adotada na última fase de crescimento (CANO; SILVA, 2010).

Gráfico 13 - Relação capital-trabalho, Brasil, 1970-2008

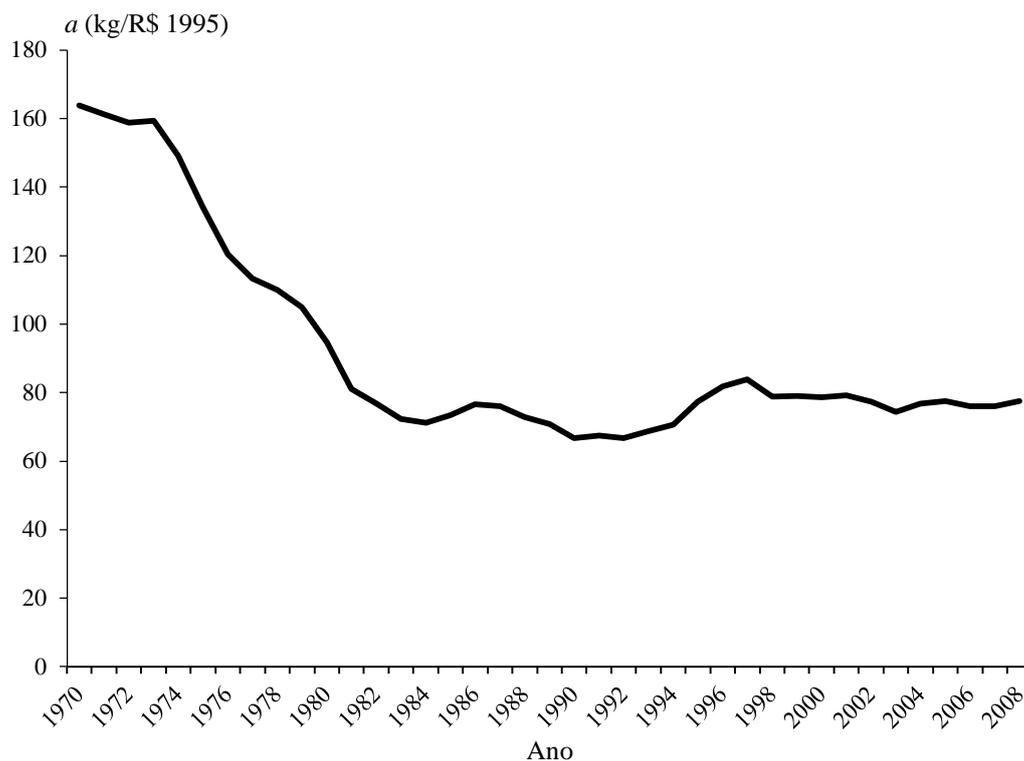
Fontes dos dados brutos: Elaboração própria, a partir de IBGE (1990), IBGE (2003) e IBGE (2010).

O gráfico 14 mostra a evolução da produtividade da energia (e) no período 1970-2008. A exemplo da produtividade do trabalho, a produtividade da energia apresentou rápida expansão durante a década de 1970. Em 1973, com o primeiro choque do petróleo, a trajetória de crescimento da produtividade da energia desacelerou-se, sendo retomada após 1976. Na primeira metade dos anos 1980, o país destacou-se em setores industriais intensivos em energia, como os de aço, ferro-ligas, alumínio, metais não-ferrosos e papel e celulose (MME, 2007). Nesta época, necessitou-se de maior quantidade de energia para gerar uma unidade de PIB, o que justifica a queda sofrida pela variável de 1980 a 1984. Na primeira metade da década de 1990, a produtividade da energia voltou a crescer, e, de 1995 em diante, declinou novamente. Em 2008, a magnitude desta variável foi semelhante à de 1970.

Gráfico 14 - Produtividade da energia, Brasil, 1970-2008

Fontes dos dados brutos: Elaboração própria, a partir de IBGE (1990), IBGE (2003), IBGE (2010) e MME (2014).

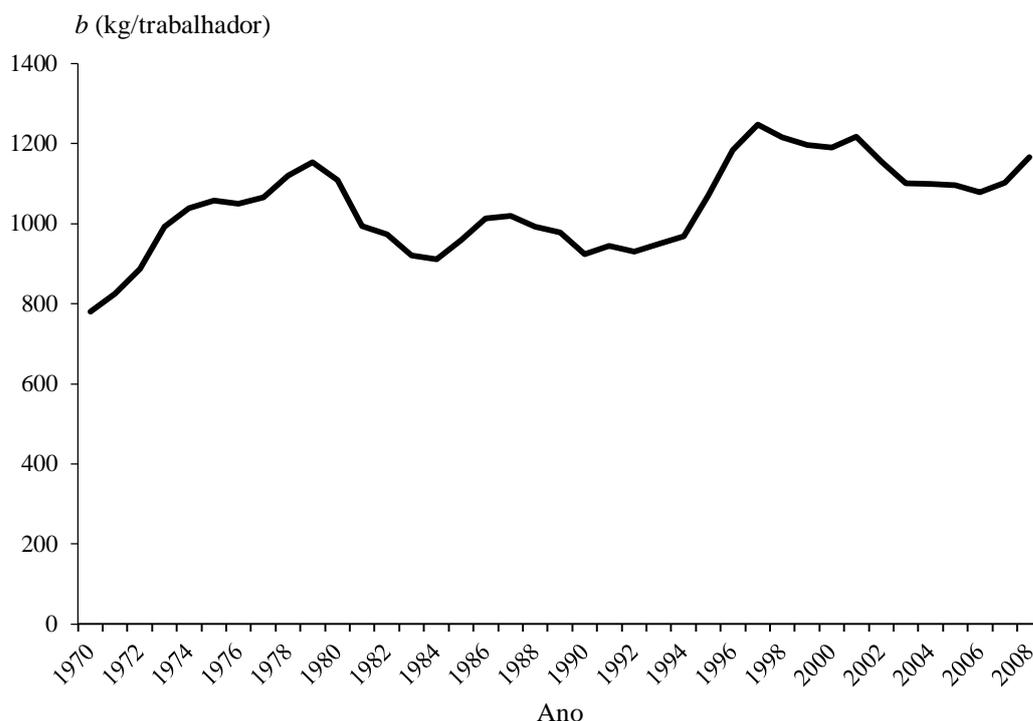
Dos gráficos 15 a 18, apresenta-se a evolução das variáveis de intensidade de emissão de CO₂ no período 1970-2008. Primeiramente, mostra-se o comportamento das emissões por unidade de capital, no gráfico 15. Esta variável declinou rapidamente entre 1973 e 1984. Deste ano até 1997, as emissões por unidade de capital oscilaram moderadamente, até se estabilizarem de 1998 a 2008. Neste ano, o nível de emissões por unidade de capital assemelhou-se aos do início da década de 1980.

Gráfico 15 - Emissões de CO₂ por unidade de capital, Brasil, 1970-2008

Fontes dos dados brutos: Elaboração própria, a partir de IBGE (1990), IBGE (2003), IBGE (2010) e Boden *et al.* (2010).

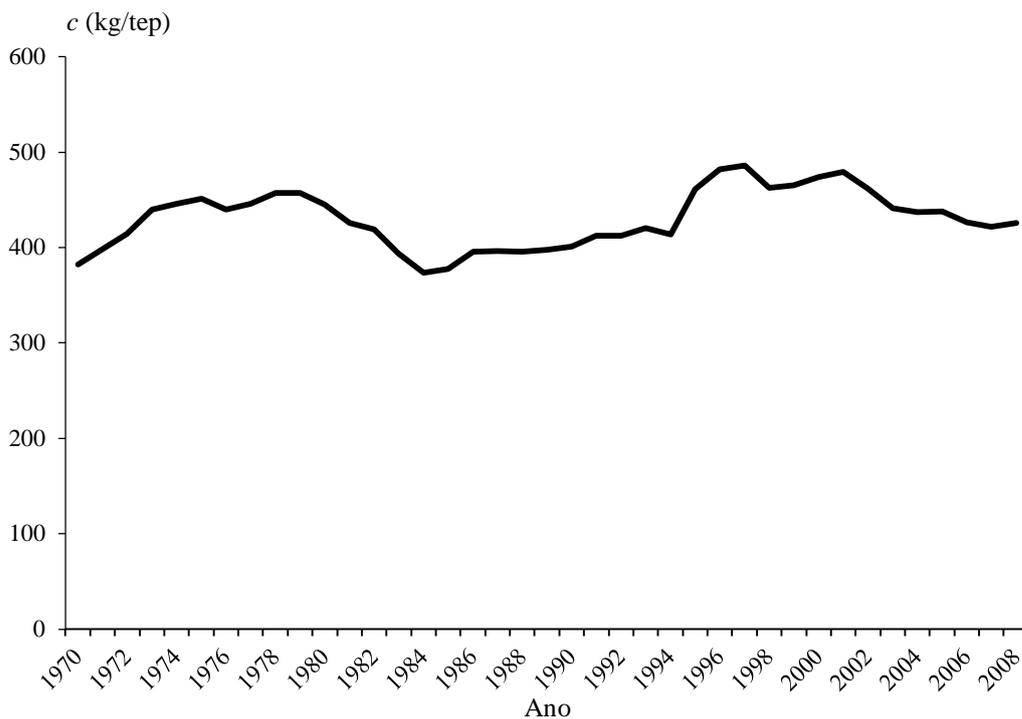
O crescimento das emissões de CO₂ por trabalhador está presente no gráfico 16. Entre 1970 e 1979, apresentaram a maior taxa de crescimento de todo o período. As emissões por unidade de trabalho declinaram de 1980 a 1984, mantendo-se estáveis até 1994. Deste ano até 1997, observou-se taxas de crescimento semelhantes à primeira década. De 1997 a 2003, ocorreu novo declínio, com a variável voltando a se expandir na última fase de crescimento econômico brasileiro.

Gráfico 16 - Emissões de CO₂ por trabalhador, Brasil, 1970-2008



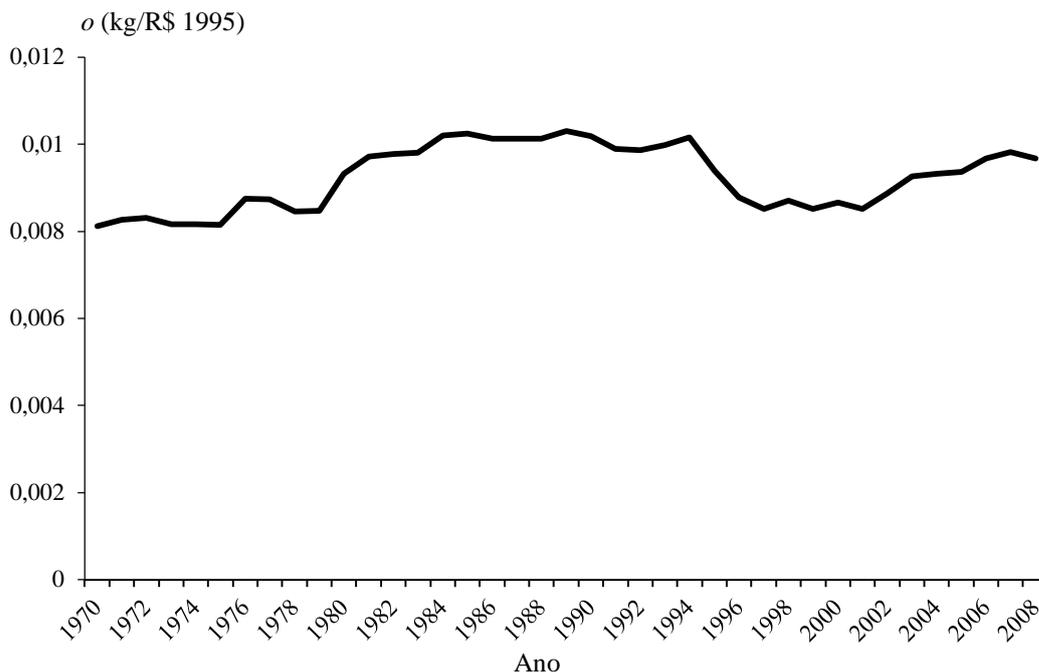
Fontes dos dados brutos: Elaboração própria, a partir de IBGE (1990), IBGE (2003), IBGE (2010) e Boden *et al.* (2010).

O gráfico 17 mostra a evolução das emissões de CO₂ por unidade de energia para o intervalo 1970-2008. Observou-se uma queda no crescimento da variável após o primeiro choque do petróleo, em 1973. Com a segunda crise energética, em 1979, ocorreu um declínio, e as emissões por unidade de energia cresceram moderadamente durante a segunda metade da década de 1980. Entre 1994 e 1997, a melhor distribuição de renda possibilitou maior consumo de gasolina e óleo diesel pelos meios de transporte, acelerando o crescimento da variável. De 1997 a 2008, houve declínio. No último ano, as emissões por unidade de energia registraram 425 kg/tep, refletindo o fato de a matriz energética brasileira estar mais baseada em fontes não-renováveis. Em 1970, seu valor foi de 381 kg/tep.

Gráfico 17 - Emissões de CO₂ por unidade de energia, Brasil, 1970-2008

Fontes dos dados brutos: Elaboração própria, a partir de Boden *et al.* (2010) e MME (2014).

Por fim, o gráfico 18 apresenta as emissões de CO₂ por unidade de PIB na economia brasileira entre 1970 e 2008. Em momentos de crescimento econômico, a relação entre o mau e o bom produto reduziu-se, com exceção do início dos anos 2000 até 2008, quando este índice aumentou. Do início da década de 1980 a 1994, as emissões por unidade de PIB apresentaram aumento, em virtude do crescimento das exportações de bens intermediários. Com a estabilização econômica proporcionada pelo Plano Real, esta relação diminuiu. Em 2008, a magnitude das emissões por unidade de produto assemelhou-se à do início da “década perdida”.

Gráfico 18 - Relação entre emissões de CO₂ e PIB, Brasil, 1970-2008

Fontes dos dados brutos: Elaboração própria, a partir de IBGE (1990), IBGE (2003), IBGE (2010) e Boden *et al.* (2010).

3.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste ensaio, investigou-se o progresso técnico e a produção de bons e maus produtos na economia brasileira no período 1970-2008. Através de uma perspectiva clássico-marxiana, considerou-se que o processo produtivo produz um bem, o PIB, e um mau produto, as emissões de dióxido de carbono. Além disso, incluiu-se a energia como insumo, ao lado de capital e trabalho.

A economia é um sistema aberto, que troca fluxos de energia e matéria com o planeta. Todo processo de transformação de matéria orgânica em mercadorias finais demanda o uso de energia, especialmente com a mecanização do processo produtivo e o advento de combustíveis fósseis. Além disso, qualquer transformação energética implica em geração de resíduos, que impactam negativamente a natureza e os ecossistemas.

A produção de dióxido de carbono (CO₂) é um dos principais exemplos de geração de resíduos na sociedade capitalista. Este gás responde por 77% das emissões globais de componentes do efeito estufa, sendo 57% oriundos da queima antropogênica

de combustíveis fósseis (IPCC, 2007). Apesar de ser uma consequência não-intencional da atividade humana, a geração deste e outros maus produtos são inerentes ao modo de produção capitalista.

A literatura clássico-marxiana sugere uma série de tendências de longo prazo a respeito do crescimento econômico das nações. A partir dos resultados obtidos para a economia brasileira neste ensaio, pode-se elencar os seguintes resultados:

- (i) a produção do bom e do mau produto expandiram-se durante o processo de crescimento econômico do período 1970-2008;
- (ii) a geração de PIB e as emissões de CO₂ aumentaram com o maior emprego de trabalho, capital e energia;
- (iii) a produtividade do trabalho e a relação capital-trabalho cresceram, enquanto a produtividade do capital declinou e a produtividade da energia se manteve relativamente estável entre o primeiro e o último anos, resultado consistente com a perspectiva clássico-marxiana;
- (iv) o padrão dominante de progresso técnico foi Marx-viesado e poupador de energia, caracterizado pelo aumento das taxas de crescimento da produtividade do trabalho ($g_x > 0$) e da produtividade da energia ($g_e > 0$), redução da taxa de crescimento da produtividade do capital ($g_p < 0$).

Apesar de o padrão de progresso técnico dominante ser Marx-viesado e poupador de energia, os dados mostram que este padrão alterou-se a partir dos últimos anos da década de 1990. Enquanto entre 1997 e 2003 o padrão foi consumidor de insumos ($g_x < 0$, $g_e < 0$, $g_p < 0$), entre 2003 e 2008 o padrão reverteu-se para poupador de insumos ($g_x > 0$, $g_e > 0$, $g_p > 0$). Apesar de ser necessário um maior número de observações, conclui-se, *a priori*, que a trajetória de progresso técnico da economia brasileira pode estar se modificando a partir do início do século XXI.

Enquanto o PIB é distribuído entre os habitantes de um país, as emissões de dióxido de carbono não se restringem a um único território. O mau produto é distribuído na atmosfera, afetando de modo desigual os habitantes de todo planeta, o que dificulta a coordenação política e econômica para controlar sua produção (MARQUETTI; PICHARDO, 2013). Conforme a atividade econômica seguir um padrão de dependência de combustíveis fósseis e crescente mecanização, a intensificação da poluição e das mudanças climáticas seguirá afetando esta e as futuras gerações.

CONCLUSÃO

Esta dissertação teve como objetivo discutir a relação entre progresso técnico e meio ambiente no modo de produção capitalista. Abordou-se este tema através de dois ensaios, um teórico e um empírico. Inicialmente, a concepção de progresso técnico foi tratada desde o precursor da Economia Política Clássica, William Petty, passando por Adam Smith e David Ricardo, até o último grande representante desta escola do pensamento econômico, Karl Marx. Da mesma forma, estudou-se o papel da natureza na análise de cada autor, que possuíam como cenário uma sociedade cada vez mais mecanizada e baseada no auto interesse. Em um segundo momento, o progresso técnico foi conceituado à luz do pensamento clássico, por meio de uma perspectiva clássico-marxiana. Além disso, destacou-se o papel da energia no progresso técnico, que é o principal responsável pela geração de bons e maus produtos na sociedade. Concluiu-se que a economia brasileira, entre os anos de 1970 e 2008, seguiu as principais tendências de longo prazo de sociedades capitalistas, com crescimento da produção do bom e do mau produto e da utilização dos insumos trabalho, capital e energia.

O primeiro ensaio estudou os conceitos de progresso técnico e natureza para os autores clássicos William Petty, Adam Smith, David Ricardo e Karl Marx. À medida que o capitalismo atingiu novos estágios de desenvolvimento, os autores clássicos contribuíram para a evolução do conceito de progresso técnico, de acordo com o crescimento da Europa industrial entre os séculos XVII e XIX. Com a exceção de William Petty, os demais economistas constataram a possibilidade de queda da taxa de lucro no longo prazo, até esta característica estabelecer-se como uma lei na obra de Marx. Os autores também viram na natureza uma parte fundamental do crescimento das nações, seja dentro de uma ordem natural, como um insumo, como limitadora do crescimento ou como parte da essência do ser humano. As diferenças na visão do espaço natural para cada autor estão de acordo com a metodologia empregada em suas obras e com a realidade econômica de cada época.

O segundo ensaio abordou o progresso técnico e a produção de PIB e CO₂ para a economia brasileira, de 1970 a 2008. Incluiu-se a energia como insumo no processo produtivo, ao lado de capital e trabalho, e o crescimento econômico brasileiro foi dividido em três fases, de acordo com o modelo de desenvolvimento adotado: 1970-1980, 1989-2003 e 2003-2008. Os anos entre 1980 e 1989 representaram um período de transição política e de estratégia de crescimento, com a ocorrência de estagflação. O

padrão de progresso técnico predominante foi Marx-viesado e poupador de energia, caracterizado pelo aumento da taxa de crescimento das produtividades do trabalho e da energia e o declínio da taxa de crescimento da produtividade do capital. Ao longo de todo o período analisado, a produção do bom e do mau produto cresceram, e constatou-se que a economia brasileira ainda está em processo de mecanização. Estas características foram ao encontro das tendências de longo prazo esperadas pela literatura clássica-marxiana para sociedades capitalistas.

Por fim, esta dissertação não considera encerradas as discussões a respeito da relação do progresso técnico com o meio ambiente. Encerra-se este trabalho com a perspectiva de soma ao debate atual a respeito deste tema, e do surgimento de trabalhos futuros, contribuindo para a evolução da Ciência Econômica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARRHENIUS, S. On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground. **Philosophical Magazine**, n. 41, 1896.

ASPROMOURGOS, T. **On the origins of classical economics: distribution and value from William Petty to Adam Smith**. Inglaterra, Londres: Routledge, 1996.

BARCELLOS, F. C. A indústria nacional e o seu potencial poluidor. In: **IV Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica**. Belém, Pará, 2001.

BECKMANN, M.; SATO, R. Aggregate production functions and types of technical progress: a statistical analysis. **American Economic Review**, vol. 59, n. 1, p. 88-101, 1969.

BODEN, T.; MARLAND, G.; ANDRES, B. **Global, regional and national fossil-fuel CO₂ emissions**. Oak Ridge, Estados Unidos: Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, 2010. Disponível em: <http://cdiac.ornl.gov/trends/emis/tre_glob.html>. Acesso em: 16 out. 2014.

CALLENDAR, G. The artificial production of carbon dioxide and its influence on climate. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, n. 64, 1938.

CAMIOTO, F.; REBELATTO, D. Emissões de CO₂ pelos setores industriais: um auxílio às políticas públicas ante ao desafio das mudanças climáticas globais. In: **XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Belo Horizonte, Minas Gerais: ENEGEP, 2011.

CANO, W; SILVA, A. Política industrial do governo Lula. In: **Os anos Lula: contribuições para um balanço crítico: 2003-2010**. Rio de Janeiro: Garamond Editora, 2010.

CARDOSO JÚNIOR, J.; GIMENEZ, D. Crescimento econômico e planejamento no Brasil (2003-2010): evidências recentes e possibilidades a futuro. **Revista Brasileira de Planejamento e Orçamento**, vol. 1, n. 2, p. 5-20, 2011.

CARSON, R. **A primavera silenciosa**. Lisboa, Portugal: Editorial Pórtico, 1962.

CECHIN, A. **Georgescu-Roegen e o desenvolvimento sustentável: diálogo ou anátema?**. Dissertação de mestrado. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2008.

_____; VEIGA, J. A economia ecológica e evolucionária de Georgescu-Roegen. **Revista de Economia Política**, vol. 30, n. 3 (119), São Paulo, p. 438-454, 2010.

CHRISTIANSEN, J. Marx and the falling rate of profit. **American Economic Review**, vol. 66, n. 2, p. 20-26, 1976.

CLEVELAND, C. J. Biophysical economics: historical perspective and current research trends. **Ecological Modelling**, n. 38, p. 47-73, 1987.

CORAZZA, G. Ciência e método na história do pensamento econômico. **Revista de Economia**, v. 35, Curitiba: UFPR, p. 01-24, 2009.

CYSNE, R. Aspectos macro e microeconômicos das reformas brasileiras. **Ensaios Econômicos da EPGE**, n. 328. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1998.

DALY, H. **Steady-state economics**. San Francisco, Estados Unidos: Freeman, 1977.

DUMÉNIL, G.; LEVY, D. A stochastic model of technical change: an application to the US economy (1869-1989). **Metroeconomica**, vol. 46, n. 3, p. 213-245, 1995.

_____. Technology and distribution: historical trajectories à la Marx. **Journal of Economic Behavior & Organization**, vol. 52, n. 2, p. 201-234, 2003.

ELSTER, J. **Making sense of Marx**. Cambridge, Inglaterra: Cambridge University Press, 1984.

FARIAS, L.; SELITTO, M. Uso da energia ao longo da história: evolução e perspectivas futuras. **Revista Liberato**, v. 12, n. 17, p. 7-16, 2011.

FEIJÓ, C. A.; LAMONICA, M. T. The importance of the manufacturing sector for Brazilian economic development. **CEPAL Review**, n. 107, p. 107-126, 2012.

FOLEY, D. **Simulating long-run technical change**. 1998. *Mimeo*.

_____. **Unholy trinity: labor, capital and land in the new economy**. Routledge, 2003.

_____. The Economic Fundamentals of Global Warming. In: HARRIS, J.; GOODWIN, N. (eds.) **Twenty-first century macroeconomics: responding to the climate challenge**. Reino Unido, Cheltenham: Edward Elgar, 2009.

_____; MARQUETTI, A.A. Economic growth from a classical perspective. In: TEIXEIRA, J. (Ed.). **Money, Growth, Distribution and Structural Change: Contemporaneous Analysis**. Brasília: Universidade de Brasília, 1997.

_____; MICHL, T. R. **Growth and distribution**. Cambridge: Harvard University Press, 1999.

FONSECA, P.; MONTEIRO, S. O Estado e suas razões: o II PND. **Revista de Economia Política**, vol. 28, n. 1 (109), p. 28-46, 2008.

FOSTER, J. B.; CLARK, B. Imperialismo ecológico: a maldição do capitalismo. In: PANITCH, L.; LEYS, C. (Orgs.). **Socialist Register 2004: o novo desafio imperial**. Buenos Aires: CLACSO, 2006.

FREITAS, R.; NELSON, C.; NUNES, L. A crítica marxista ao desenvolvimento (in)sustentável. **Revista Katálysis**, vol. 15, n. 1, p. 41-51. Santa Catarina: Florianópolis, 2012.

FURTADO, A.; CARVALHO, R. Padrões de intensidade tecnológica da indústria brasileira: um estudo comparativo com os países centrais. **São Paulo em Perspectiva**, vol. 19, p. 70-84, 2005.

GAREGNANI, P.; PETRI, F. Marxismo e teoria econômica hoje. In: HOBBSBAWM, E. (Org.). **História do Marxismo**, vol. 12. Rio de Janeiro: Paz e Terra, p. 383-474, 1989.

GEORGESCU-ROEGEN, N. **The entropy law and the economic process**. Cambridge, Estados Unidos: Harvard University Press, 1971.

GOODACRE, H. J. Technological progress and economic analysis from Petty to Smith. **European Journal for the History of Economic Thought**, vol. 17, n. 5, p. 1149–1168, 2010.

HALL, C.; THARAKAN, P.; HALLOCK, J.; CLEVELAND, H.; JEFFERSON, M. Hydrocarbons and the evolution of human culture. **Nature**, vol. 426, p. 318-322, 2003.

HEMERY, D.; DEBEIR, J.; DELÉAGE, J. **Uma história da energia**. Brasília: Editora da Universidade de Brasília, 1993.

HESTON, A.; SUMMERS, R.; ATEN, B. **Penn world table version 6.2**. Center for International Comparisons of Production, Income and Prices at the University of Pennsylvania, 2006. Disponível em: <<http://pwt.econ.upenn.edu8>>. Acesso em: 16 out. 2014.

HUGON, P. **História das doutrinas econômicas**. São Paulo: Atlas, 1942.

HUNT, E. K. **História do pensamento econômico: uma perspectiva crítica**. 2. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2005.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estatísticas históricas do Brasil: séries econômicas, demográficas e sociais de 1550 a 1988**. Rio de Janeiro: IBGE, 1990.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estatísticas do século XX**. CD-Rom. Rio de Janeiro: IBGE, 2003.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sistema de Contas Nacionais – Brasil 2004/2008**. CD-Rom. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

IPCC. INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate change 2007: the physical science basis**. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, Inglaterra: Cambridge University Press, 2007.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Sustentabilidade ambiental no Brasil: biodiversidade, economia e bem-estar humano**. Brasília: IPEA, 2011.

JEVONS, W. S. **The theory of Political Economy**. Nova York, Estados Unidos: Augustus M. Kelley, 1965 [1871].

JONES, H. **Modernas teorias do crescimento econômico: uma introdução**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 1979.

KRAFT, J.; KRAFT, A. Relationship between energy and GNP. **Journal of Energy Development**, vol. 3, n. 2, p. 401-403, 1978.

KÜMMEL, R. Energy as a factor of production and entropy as a pollution indicator in macroeconomic modelling. **Ecological Economics**, vol. 1, p. 161-180, 1989.

KURZ, H. Goods and bads: sundry observations on joint production, waste disposal, and renewable and exhaustible resources. **Progress in Industrial Ecology: An International Journal**, vol. 3, n. 4, p. 280-301, 2006.

_____. Technical progress, capital accumulation and income distribution in Classical Economics: Adam Smith, David Ricardo and Karl Marx. **European Journal of History of Economic Thought**, vol. 17, n. 5, p. 1183-1222, 2010.

_____; SALVADORI, N. Theories of economic growth: old and new. In: SALVADORI, N. (Org.). In: **The theory of economic growth: a “classical” perspective**. Cheltenham: Edward Elgar, p. 1-22, 2003.

LARA, F. M. **Notas sobre a origem da ciência econômica**. 2009. *Mimeo*.

LEONTIEF, W. Environmental repercussions and the economic structure: an input-output approach. **Review of Economics and Statistics**, vol. 52, n. 3, p. 262-277, 1970.

MARQUETTI, A. A. Analyzing historical and regional patterns of technical change from a classical-Marxian perspective. **Journal of Economic Behavior and Organization**, vol. 52, p. 191-202, 2003.

_____; MALDONADO FILHO, E.; LAUTERT, V. The profit rate in Brazil, 1953-2003. **Review of Radical Political Economics**, vol. XX, n. X, p. 1-20, 2010.

_____; PICHARDO, G. Patterns of growth and technical change in the production of good and bad outputs. **Investigación Económica**, vol. LXXII, n. 284, p. 54-78, 2013.

_____; PORSSE, M. Patrones de progreso técnico en la economía brasileña, 1952-2008. **Revista CEPAL**, n. 113, p. 61-78, 2014.

MARX, K. **Manuscrtos econômico-filosóficos: primeiro manuscrito**, 1844. Disponível em: <<http://www.marxists.org/portugues/marx/1844/manuscrtos/>>. Acesso em: 9 out. 2014.

_____. O capital. In: **Os economistas**. São Paulo: Nova Cultural, 1988.

MARSHALL, A. Princípios de economia. In: **Os Economistas**. São Paulo: Abril, 1982 [1890].

MASLIN, M. **Global warming, a very short introduction**. Oxford, Inglaterra: Oxford University Press, 2004.

MEIRELLES, E. **Intensificação do efeito estufa associada a aumento nas concentrações dos gases CH₄, N₂O e CO₂**. Dissertação de mestrado. Viçosa, Minas Gerais: Universidade Federal de Viçosa, 1994.

MENDONÇA, M.; GUTIEREZ, M. **O efeito estufa e o setor energético brasileiro**. Texto para discussão IPEA n. 719. Brasília: IPEA, 2000.

MENGER, C. **Princípios de economia política**. São Paulo: Nova Cultural, 1988 [1871].

MESQUITA FILHO, J. B.; BARRETO, R. Recursos naturais e a economia clássica. In: **XLII Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural**. Cuiabá, Mato Grosso: 2004.

MICHL, T. Biased technical change and the aggregate production function. **International Review of Applied Economics**, vol. 13, n. 2, p. 193-206, 1999.

MME. Ministério de Minas e Energia. **Balanco Energético Nacional 2007**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2007.

_____. Ministério de Minas e Energia. **Balanco Energético Nacional 2009**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2009.

_____. Ministério de Minas e Energia. **Balanco Energético Nacional 2014**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2014.

MORAES, G. I. **Efeitos econômicos de cenários de mudança climática na agricultura brasileira: um exercício a partir de um modelo de equilíbrio geral computável**. Tese de doutorado. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2010.

MORISHIMA, M. **Marx's economics: a dual theory of value and growth**. Cambridge: Cambridge University Press, 1973.

MUELLER, C. **Os economistas e as relações entre o sistema econômico e o meio ambiente**. Brasília, Distrito Federal: FINATEC, 2007.

OKISHIO, N. Technical changes and the rate of profit. **Kobe University Economic Review**, n. 7, p. 86-99, 1961.

PETRI, F. **Microeconomics for the critical mind**. 2012. *Mimeo*.

PETTY, W. Another essay in political arithmetick, concerning the growth of the city of London with the measures, periods, causes, and consequences thereof. In: HULL, C. H. **The economic writings of Sir William Petty, together with the observations upon bills of mortality, more probably by Captain John Graunt**, vol II. Cambridge, Inglaterra: Cambridge University Press, p. 451-478, 1899 [1683].

PICHARDO, G. M. Economic growth models and growth tendencies in major Latin American countries and in the United States, 1963-2003. **Investigación Económica**, v. LXVI, n. 262, p. 59-87, 2007.

RICARDO, D. Ensaio acerca da influência do baixo preço do cereal sobre os lucros do capital. In: NAPOLEONI, C. **Smith, Ricardo, Marx: considerações sobre a história do pensamento econômico**. Rio de Janeiro: Graal, p. 195-225, 1978 [1815].

_____. **Princípios de economia política e tributação**. São Paulo: Abril Cultural, 1982 [1817].

ROEMER, J. Technical change and the tendency of the rate of profit to fall. **Journal of Economic Theory**, v. 16, p. 403-424, 1977.

ROSALES, M. Y. Influencia de la actividad económica en el ciclo natural del CO₂ y su impacto en la temperatura terrestre. In: PICHARDO, G. M. (Org.). **Tendencia y ciclo en economía: teoría y evidencia empírica**. México: Facultad de Economía, UNAM, 2014.

SANTOS, A.; BIANCHI, A. Além do cânon: mão invisível, ordem natural e instituições. **Estudos Econômicos**, vol. 37, n. 3, p. 635-662. São Paulo: USP, 2007.

SCHUMPETER, J. A. The common sense of econometrics. **Econometrica**, vol. 1, n. 1, p. 5-12, 1933.

SMITH, A. **A Riqueza das Nações: investigação sobre sua natureza e suas causas**. São Paulo: Nova Cultural, 1996 [1776].

SRAFFA, P. **Production of commodities by means of commodities: prelude to a critique of economic theory**. Cambridge: Cambridge University Press, 1960.

STERN, N. **Stern review report on the economics of climate change**. Inglaterra, Londres: HM Treasury, 2006.

STERN, D. I. The role of energy in economic growth. **Annals of the New York Academy of Sciences**, vol. 1219, n.1, p. 26-51, 2011.

SUPRINYAK, C. Economia Política da população: poder e demografia no pensamento econômico britânico do século XVII. **Economia e Sociedade**, vol. 17, n. 3, p. 383-402. Campinas: Unicamp, 2008.

TESSMER, H. Uma síntese histórica da evolução do consumo de energia pelo homem. **Revista Liberato**, vol. 3, n. 3, 2002.

TSOULFIDIS, L.; PAITARIDIS, D. Revisiting Adam Smith's theory of the falling rate of profit. **International Journal of Social Economics**, vol. 39, n. 5, p. 304-313, 2012.

US EPA. United States Environmental Protection Agency. **Overview of Greenhouse Gases**. Disponível em:

<<http://www.epa.gov/climatechange/ghgemissions/gases/co2.html>>. Acesso em: 20 ago. 2014.

VITOUSEK, P.; MOONEY, H.; LUBCHENCO, J. Human domination of Earth's ecosystems. **Science**, vol. 277, n. 5325, p. 494-499, 1997.

WACHSMANN, U. **Mudanças no consumo de energia e nas emissões associadas de CO₂ no Brasil entre 1970 e 1996: uma análise de decomposição estrutural**. Tese de doutorado. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005.

WALRAS, L. **Compêndio dos elementos de economia política pura**. São Paulo: Nova Cultural, 1983 [1874].

YU, E.; HWANG, B.K. The relationship between energy and GNP: further results. **Energy Economics**, n. 6, p. 186-190, 1984.