

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO SÓCIO-ECONÔMICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA**

ANDRÉ LUIZ CAMPOS DE ANDRADE

**ENERGIA E MUDANÇAS CLIMÁTICAS: UMA DISCUSSÃO DA
MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA E DA IMPORTÂNCIA
DO SETOR DE TRANSPORTES**

Florianópolis (SC)
2010

ANDRÉ LUIZ CAMPOS DE ANDRADE

**ENERGIA E MUDANÇAS CLIMÁTICAS: UMA DISCUSSÃO DA
MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA E DA IMPORTÂNCIA
DO SETOR DE TRANSPORTES**

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Economia da Universidade
Federal de Santa Catarina como
requisito parcial para obtenção do
grau de Mestre em Economia

Orientador: Prof. Dr. Lauro Mattei

Florianópolis (SC)
Agosto de 2010

A553e Andrade, André Luiz Campos de

Energia e mudanças climáticas [dissertação]: uma discussão da matriz energética brasileira e da importância do setor de transportes / André Luiz Campos de Andrade; orientador, Lauro Francisco Mattei. – Florianópolis, SC, 2010.

164 p. : il., graf.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Sócio-Econômico. Programa de Pós-Graduação em Economia.

Inclui referências

1. Economia. 2. Mudanças climáticas. 3. Matriz energética brasileira. 4. Setor de transportes. I. Mattei, Lauro Francisco. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Economia. III. Título.

CDU 33

ANDRÉ LUIZ CAMPOS DE ANDRADE

**ENERGIA E MUDANÇAS CLIMÁTICAS: UMA DISCUSSÃO DA
MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA E DA IMPORTÂNCIA
DO SETOR DE TRANSPORTES**

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Economia e aprovada, em sua forma final, pelo Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Santa Catarina.

Prof. Dr. Hoyêdo Nunes Lins, Dr.

Coordenador do Curso

Apresentada à Comissão Examinadora integrada pelos professores:

Prof. Dr. Lauro Mattei, Dr. (Orientador)
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Prof. Hoyêdo Nunes Lins, Dr..
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Prof. Ivo Marcos Theis, Dr.
Universidade de Blumenau (FURB)

*Ao meu grande amor, Aline, companheira de todas
as horas;*

*À minha mãe, Isabel, à minha avó, Lena, e à minha
irmã, Patrícia, mulheres que me permitiram chegar
a essa vitória,*

*Ao meu pai, José, exemplo de homem;
(in memorian)*

*e à minha tia, Dalva.
(in memorian)*

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Santa Catarina (PPGE/UFSC), em especial à Sra. Evelise Elpo da Silveira, pelo apoio institucional fornecido ao longo do curso;

Ao Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) que na pessoa do Engenheiro Álvaro Leite Júnior soube compreender e apoiar a jornada que hora se encerra;

Aos amigos feitos no mestrado, Eduardo, Janine, Jaqueson, Leandro, Nicolás e Rinald, pelo companheirismo e apoio prestado ao longo dos últimos dois anos;

Ao professor e amigo Joshua Farley, com quem pude aprender os primeiros ensinamentos dessa importante relação entre economia e meio ambiente;

À minha família, por tudo que fizeram para que eu pudesse ter o atual sonho realizado e

Um agradecimento muito especial ao Professor Lauro Mattei, pela paciência, habilidade e dedicação dispensadas ao longo da orientação e que foram fundamentais para o sucesso dessa empreitada.

*A obtenção da
energia não pode pôr
em risco as
características
próprias do ambiente
e da natureza.*

Samuel Murgel Branco

RESUMO

No atual debate sobre mudanças climáticas a principal questão que vem sendo colocada na agenda de discussões refere-se ao papel das atividades humanas neste tema. Através dos processos produtivos e dos padrões de consumo o homem estaria acelerando a ocorrência de fenômenos climáticos adversos fato que, segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), estaria relacionado ao aumento das emissões e da concentração de gases do efeito estufa (GEE) na atmosfera, especialmente nos últimos duzentos anos. O principal motivo desse aumento das emissões de GEE seria o elevado consumo de combustíveis fósseis pela economia mundial, que passou a ser extremamente dependente desse tipo de fonte energética. Para tornar a matriz energética sustentável, diversas soluções vêm sendo propostas, como a troca do atual padrão energético mundial por um modelo menos dependente dos combustíveis fósseis, bem como a racionalização no consumo de energia. Essas medidas sugeridas pretendem induzir o sistema econômico à uma economia de “baixo carbono”, onde a compatibilização entre necessidades econômicas e restrições ambientais seria possível. Devido ao fato do Brasil possuir uma matriz energética com grande participação das energias renováveis, a discussão envolvendo a sustentabilidade da matriz energética brasileira geralmente é marginalizada. Nesse sentido, esse trabalho discutiu a sustentabilidade, sob o ponto de vista das emissões de GEE, da atual estrutura da oferta e do consumo de energia no Brasil, bem como efetuou um estudo de caso sobre o setor de transportes, principal consumidor de combustíveis fósseis no país. Concluiu-se que, ao contrário do senso comum, existem fortes indícios apontando para a insustentabilidade do uso de energia no país, fato que tende a se agravar considerando-se as previsões oficiais relativas ao crescimento econômico e à expansão da oferta e do consumo energético.

Palavras-chave: Mudanças Climáticas, Matriz Energética Brasileira, Setor de Transportes.

ABSTRACT

In the current climate change debate the main question that has been placed on the agenda of discussion concerns the role of human activity on this issue. Through their production processes and consumption patterns the mankind would be accelerating the occurrence of adverse climatic events which according to the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) is associated to increased emissions and concentrations of greenhouse gases (GHG) in the atmosphere, especially in the last two hundred years. The main reason for this increase in GHG emissions would be the high consumption of fossil fuels by the world economy which is currently very dependent on this source of energy. In order to make the energy matrix sustainable several solutions have been proposed such as world widely replacing the current energy pattern by a dependent-less model of fossil fuels and the rationalization of energy consumption. These suggestions aim to induce the economic system into a "low carbon" regime where economic needs and environmental constraints would be compatible. Due to the fact that Brazil has an energy matrix with a large share of renewable energy, the debate surrounding the sustainability of the Brazilian energy matrix is often marginalized. Thus, this work has discussed about the sustainability of the current structure of supply and consumption of energy in Brazil, from the standpoint of GHG emissions, and made a case study for the transportation sector, the main consumer of fossil fuels in the country. It was concluded that, contrary to common sense, there is strong evidence pointing to the unsustainability of energy use in the country, and there is a tendency of worsening in this situation considering the official forecasts of economic growth and of energy supply and consumption expansion.

Keywords: Climate Change, Brazilian Energy Matrix, Transportation Sector.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – IDH x Consumo Energético Per capita - 2005.....	28
Gráfico 2 – Evolução da temperatura global 1840 -2000	44
Gráfico 3 – dependência Externa de petróleo	55
Gráfico 4 – Evolução Petróleo: Produção Interna & Importação 1970 a 1980	64
Gráfico 5 - Comparação da Estrutura da OIE	82
Gráfico 6 – Distribuição do transporte de cargas (%) - 2006.....	122
Gráfico 7 - Distribuição do Transporte de Passageiros no Brasil (%) - 2005	123
Gráfico 8 - Participação nas Emissões de CO2 - 2005(Em %).....	133
Gráfico 9 - Participação dos Modais nas Emissões de CO2 do Setor de Transportes.....	137
Gráfico 10 - Composição da Matriz de Transportes Brasileira - 2005 - 2025(Projeção) - Em %.....	142

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Evolução do Consumo Mundial de Energia	25
Tabela 2 - Evolução da Oferta Interna de Energia em % - Brasil 1940 a 1972.....	51
Tabela 3 – Evolução da Extração e Importação de Petróleo Bruto –	54
Brasil – 1940 a 1973.....	54
Tabela 4 - Potência Instalada nas usinas de Energia Elétrica - Brasil 1900 a 1945.....	57
Tabela 5 — Produção e consumo de energia elétrica — 1955 -72	59
Tabela 6 - Evolução do preço de petróleo exportado pela OPEP.....	61
Tabela 7 - Evolução das Exportações, Importações e Saldo Comercial - 1970 a 1979.....	62
Tabela 8 - Principais componentes da pauta de importação 1973/1974	63
Fonte: SECEX/MDIC	63
Tabela 9 - Importação Brasileira de Petróleo Bruto.....	63
Tabela 10 - Oferta Interna de Energia 1973-1979.....	68
Tabela 11 – Consumo Final de Energia 1973-1979	70
Tabela 12 – Indicadores Macroeconômicos – 1978 – 1984	71
Tabela 13 – Indicadores do Petróleo – 1980 -1990.....	74
Tabela 14- Oferta Interna de Energia 1980-1990.....	75
Tabela 15 - Dependência Externa de Energia	76
Tabela 16 - Oferta Interna de Energia 1973 - 2009.....	81
Tabela 17 – Evolução do Consumo Final Energético por Setor (em %)	84
Tabela 18 - Evolução do Consumo Energético – Setor de Transportes	85
(Em %).....	85
Tabela 19 – Evolução do Consumo Energético – Setor Industrial (Em %)	86
.....	86
Tabela 20- Oferta Interna de Energia 2030 - 2009.....	88
Tabela 21 - Emissões de Gases do Efeito Estufa – Brasil.....	91
Tabela 22 - Evolução dos Indicadores 1, 2 e 3.....	95
Tabela 23 – Evolução da Intensidade Energética – Brasil, OCDE, Mundo	96
Tabela 24 – Intensidade de Carbono na Economia	96
Tabela 25- Emissão per capita de CO ₂ originada	97
do consumo de energia.....	97
Tabela 26 - Evolução das Emissões de CO ₂ do Consumo Energético ..	98
Tabela 27 - Projeção de Indicadores Energéticos e Ambientais 2005-2030.....	101

Tabela 28 – Projeção do Consumo Final de Etanol & Biodiesel - 2010	104
Tabela 29 - Perfil da Matriz Logística do Transporte de Passageiros - Diversos Países – 2008	113
Tabela 30 - Perfil da Matriz Logística do Transporte de Cargas - Diversos Países	114
Tabela 31 - Crescimento da malha ferroviária no Brasil	116
Tabela 32 – Participação das Modalidades de Transporte - Carga 1950-1980	118
Tabela 33 - Participação das Modalidades de Transportes - Passageiros 1950-1978	119
Tabela 34 - Custos do Transporte de Cargas no Brasil – 2004	120
Tabela 35 - Matriz de Transportes de Cargas - Comparativo Internacional	122
Tabela 36 - Matriz de Transportes de Passageiros - Comparativo Internacional	124
Tabela 37 - Evolução do Consumo Final Energético por Setor (Em %).....	125
Tabela 38 - Consumo Final Energético e Produto Interno Bruto.....	125
Tabela 39 - Consumo Setorial de Derivados do Petróleo (%)	127
Tabela 40 - Consumo de Combustíveis por Modais	129
Tabela 41 - Emissões de CO2 - Dados Agregados	131
Tabela 42 - Emissões de CO2 oriundas da Matriz Energética	132
Tabela 43- Índice de Carbono na Energia - Comparação Intersectorial	135
Tabela 44- Índice de Carbono na Energia - Comparação Intra-sectorial	136
Tabela 45 – Comparativo internacional de dados econômicos e de emissões de CO2.....	140

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica
ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
BEN – Balanço Energético Nacional
BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BRIC – Brasil, Rússia, Índia e China
CFE – Consumo Final Energético
CH₄ – Metano
CHESF – Companhia Hidroelétrica do São Francisco
CMMAD – Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento
CNAE – Conselho Nacional de Águas e Energia
CO₂ – Dióxido de Carbono
COP – Conferência das Partes
DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
EPE – Empresa de Pesquisa Energética
FAO – Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
FBCF - Formação bruta de capital fixo
GEE – Gases do Efeito Estufa
ICE – Índice de Carbono na Energia
IDH – Índice de Desenvolvimento Humano
IEA – International Energy Agency
IIE – Índice de Intensidade Energética
IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change
MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia
MEB – Matriz Energética Brasileira
MME – Ministério de Minas e Energia
NIPCC – Nongovernmental International Panel on Climate Change
OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OIE – Oferta Interna de Energia
ONS – Operador Nacional do Sistema
ONU – Organização das Nações Unidas
OPEP – Organização dos Países Exportadores de Petróleo
PIB – Produto Interno Bruto
PND – Plano Nacional de Desenvolvimento
PNLT – Plano Nacional de Logística e Transportes
PNPB – Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel
PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

PROÁLCOOL – Programa Nacional do Álcool
TEP – Tonelada Equivalente de Petróleo
WWF – World Wildlife Fund

SUMÁRIO

1 TEMA E PROBLEMA DE PESQUISA.....	17
1.1 INTRODUÇÃO.....	17
1.2 HIPÓTESE.....	19
1.3 OBJETIVOS.....	19
1.3.1 Objetivo geral.....	19
1.3.2 Objetivos específicos.....	19
1.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	20
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	21
2 ECONOMIA, ENERGIA E MEIO AMBIENTE.....	22
2.1 HISTÓRICO DO USO ECONÔMICO DA ENERGIA.....	23
2.2 AS DIMENSÕES ECONÔMICAS DA ENERGIA.....	26
2.3 A ECONOMIA DO MEIO AMBIENTE.....	29
2.3.1 A economia ambiental neoclássica.....	30
2.3.2 A economia ecológica.....	33
2.4 A INSTITUCIONALIZAÇÃO DO DEBATE AMBIENTAL.....	35
2.5 O CONCEITO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.....	36
2.6 MODELO ENERGÉTICO E MUDANÇAS CLIMÁTICAS.....	39
2.6.1 A evolução da emissão dos gases do efeito estufa.....	40
2.6.2 O debate sobre mudanças climáticas.....	42
2.6.3 Uma opinião contrária: Os céticos do clima.....	46
3 A MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA: TRAJETÓRIA HISTÓRICA E SITUAÇÃO ATUAL.....	49
3.1 A EVOLUÇÃO HISTÓRICA: DA DÉCADA DE 1940 À CRISE ENERGÉTICA DA DÉCADA DE 1970.....	49
3.1.1 O início da indústria brasileira de petróleo.....	53
3.1.2 A indústria de energia elétrica no Brasil: os primeiros passos.....	56
3.2 AS CRISES ENERGÉTICAS DA DÉCADA 1970 E SEUS DESDOBRAMENTOS SOBRE A MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA.....	60
3.2.1 O Brasil diante do primeiro choque do petróleo.....	61
3.2.2 As respostas do Brasil ao primeiro choque do petróleo.....	64
3.2.3 O segundo choque do petróleo.....	66
3.2.4 A situação da matriz energética brasileira ao final da década de 1970.....	67

3.3 A MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA E A “DÉCADA PERDIDA”	71
3.3.1 O contracheque do petróleo e o aumento da produção nacional.....	73
3.3.2 A situação da meb ao final da década de 1980	74
3.4 AS MUDANÇAS ESTRUTURAIS DA ECONOMIA BRASILEIRA A PARTIR DA DÉCADA DE 1990 E O PANORAMA ATUAL DA MEB.....	77
3.4.1 As transformações do setor energético durante a década de 1990	78
3.4.2 A consolidação do debate ambiental e os biocombustíveis.....	79
3.4.3 A atual composição da matriz energética brasileira	81
3.4.4 O consumo energético no Brasil atual.....	83
3.5 PERSPECTIVAS PARA A ENERGIA NO BRASIL	87
3.6 SÍNTESES DO CAPÍTULO	88
4 A (IN) SUSTENTABILIDADE DA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA.....	90
4.1 INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE.....	92
4.1.1 Construção, conceituação e procedimentos adotados.....	92
4.1.2 Comportamento dos indicadores selecionados	94
4.2 AS CONTROVÉRSIAS ENVOLVENDO A GERAÇÃO HIDRELÉTRICA	102
4.3 AS CONTROVÉRSIAS ENVOLVENDO OS BIOCOMBUSTÍVEIS	104
4.4 SÍNTESES DO CAPÍTULO	107
5 O SETOR DE TRANSPORTES BRASILEIRO E SUA SUSTENTABILIDADE.....	109
5.1 OS DIFERENTES TIPOS DE TRANSPORTES E SUAS PARTICIPAÇÕES NA MATRIZ LOGÍSTICA MUNDIAL.....	111
5.2 EVOLUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO HISTÓRICA DO SETOR DE TRANSPORTE BRASILEIRO	115
5.3 PERFIL ATUAL DA MATRIZ DE TRANSPORTES BRASILEIRA	121
5.4 CONSUMO ENERGÉTICO NO SETOR DE TRANSPORTES BRASILEIRO	124
5.4.1 O consumo de combustíveis fósseis nos transportes	127
5.4.2 As emissões de CO₂ oriundas do setor de transporte brasileiro	130

5.4.3 Análise comparativa internacional das emissões de co2 nos transportes	137
5.5 PROJEÇÕES OFICIAIS PARA O SETOR DE TRANSPORTES BRASILEIRO	141
5.6 SÍNTESES DO CAPÍTULO	144
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	146
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	152

1 TEMA E PROBLEMA DE PESQUISA

1.1 INTRODUÇÃO

A atual discussão sobre mudanças climáticas remete, necessariamente, à questão do nível de emissões dos gases de estufa (GEE)¹. A maior parcela das emissões antropogênicas, denominação fornecida às emissões de origem humana, decorre da queima de combustíveis fósseis (combustíveis não renováveis), sendo consequência dos diversos processos produtivos da economia, tais como geração de energia, atividades industriais e sistemas de transportes.

Pelo fato da economia mundial assumir uma posição de elevada dependência em relação aos combustíveis fósseis em sua matriz energética global (IEA, 2009), a discussão em torno da redução das emissões de GEE passa pela mudança do atual padrão energético. Essa é uma das principais questões, se não a principal, do atual debate acerca da mitigação dos gases do efeito estufa².

Além disso, a discussão envolvendo a sustentabilidade ambiental no uso dos recursos energéticos do planeta envolve três aspectos básicos:

- Mudança do paradigma em relação ao padrão de consumo atual³;
- Busca por uma maior eficiência energética dos atuais processos produtivos;
- Desenvolvimento/inserção de tecnologias energéticas limpas.

Estes dois últimos aspectos vêm sendo objetos recorrentes das políticas energéticas em todo o mundo, com o Brasil se destacando nos quesitos relativos à pesquisa e ao uso de energias limpas.

As análises para as próximas duas décadas sugerem mudanças consideráveis no quadro econômico mundial, com maior influência das economias emergentes. Esse redesenho da conjuntura econômica mundial já se reflete no âmbito das negociações climáticas

¹ Os principais gases do efeito estufa são: Dióxido de carbono (CO₂), Vapor d'água(H₂O), Ozônio(O₃), Metano (CH₄), Óxido Nitroso(N₂O), Clorofluorcarbonos(CFCs), Hidrofluorcarbonos(HFCs) e Perfluorcarbonos(PFCs).

² A expressão “mitigação dos gases do efeito estufa” é recorrentemente utilizada na literatura para se referir à redução das emissões dos gases causadores do efeito estufa.

³ As consequências do atual padrão de consumo sobre a sustentabilidade ambiental extrapolam os limites da discussão energética culminando no questionamento da própria dinâmica capitalista e consiste no principal debate em relação ao Desenvolvimento Sustentável.

internacionais, onde a cada encontro cresce a pressão para que os países emergentes passem a atuar de maneira mais ativa na contenção de suas emissões de GEE. Na rodada de negociações mais recente, realizada em dezembro de 2009 na cidade de Copenhague, essa movimentação foi explícita por parte dos atuais países industrializados.

Num cenário que prevê ciclos de crescimento econômico associados a uma pressão cada vez maior no âmbito das negociações climáticas, analisar a forma como a economia brasileira utiliza seus recursos energéticos, do ponto de vista da sustentabilidade, é um exercício essencial para compreender a posição brasileira no contexto das negociações climáticas. Isso permite, inclusive, verificar se a trajetória brasileira no uso de seus recursos energéticos pode ser considerada sustentável ou se atual estrutura da matriz e do consumo energético pode estar sinalizando que o país também se situa entre os potenciais grandes emissores de GEE nos próximos anos.

Os dois principais setores que contribuem no fluxo de emissões de GEE são a indústria e o setor de transportes. Segundo dados do Balanço Energético Nacional de 2008, somente esses dois setores foram responsáveis por 64,7% do consumo energético final do país em 2007, fato indicativo de que se torna necessário observar o comportamento destes dois segmentos para qualquer análise que se propõe a verificar a sustentabilidade da matriz energética brasileira.

Enquanto o setor industrial brasileiro apresenta uma estrutura de consumo energético diversificada, com a predominância de fontes renováveis em seu consumo final, com bagaço de cana, eletricidade e carvão e lenha vegetal respondendo por 54,2% do total, o setor de transportes pauta seu perfil de consumo energético prioritariamente em fontes de energias não renováveis.

Fruto de opções governamentais que se iniciaram no pós-guerra e que se aprofundaram desde então, o modelo logístico de transportes brasileiro priorizou o modal rodoviário, tanto na modalidade de carga quanto na de passageiros, aumentando sua dependência em relação aos combustíveis não renováveis, sobretudo os derivados de petróleo, que em 2007 tiveram 50,5% de seu consumo total originados desse setor (MME 2008). Tal estrutura torna-se ponto crítico para o Brasil, haja vista que num momento em que a discussão mundial gira em torno da redução do consumo de fontes de origem fóssil, o país possui um setor de transportes extremamente dependente deste insumo.

Assim, ao final da dissertação espera-se responder à seguinte indagação: ***a tendência de aumento do consumo energético brasileiro,***

sobretudo no setor de transportes, pode comprometer a sustentabilidade da matriz energética brasileira?

1.2 HIPÓTESE

A hipótese da dissertação é a de que a expansão do consumo energético brasileiro, através do aumento das emissões de gases do efeito estufa, consistirá num fator de desequilíbrio para a sustentabilidade da matriz energética brasileira.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

- Analisar evolução da oferta e do consumo energético brasileiro, com ênfase no setor de transportes, buscando verificar se o aumento das emissões de gases do efeito estufa pode comprometer a sustentabilidade da própria matriz energética do país.

1.3.2 Objetivos específicos

- Apresentar o debate sobre o trinômio crescimento econômico, energia e meio ambiente;
- Apresentar a evolução e a estrutura da matriz energética brasileira.
- Analisar e avaliar indicadores que relacionem atividade econômica, emissões de Dióxido de Carbono (CO₂) e sustentabilidade;
- Analisar o consumo energético e as emissões de CO₂ do setor transportes brasileiro, visando compreender a importância deste setor na discussão da sustentabilidade da matriz energética.

1.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa será de natureza aplicada, abordando seu problema de forma qualitativa e quantitativa, indo além de análises puramente descritivas e adentrando nos procedimentos de inferência estatística, com a elaboração e análise de indicadores que expressarão a estrutura energética do ponto de vista já elencado anteriormente.

No segundo capítulo, visando cumprir o primeiro objetivo específico, será realizada uma revisão da literatura que trata da relação entre crescimento econômico, uso da energia e degradação ambiental, bem como uma exposição das principais correntes teóricas da economia do meio ambiente. Com isso espera-se construir um referencial teórico para os demais capítulos.

No terceiro capítulo, que aborda o segundo objetivo específico, será feita uma discussão sobre a matriz energética brasileira apontando seus condicionantes históricos, a estrutura atual e as perspectivas futuras.

O terceiro objetivo específico será o alvo das discussões do quarto capítulo, onde os impactos ambientais da matriz serão discutidos de maneira detalhada por meio da apresentação da evolução das emissões de gases do efeito estufa oriundos da matriz energética e através da elaboração e análise de cinco indicadores capazes de fornecer a necessária compreensão sobre a sustentabilidade climática da matriz. Os três primeiros indicadores são baseados na metodologia de Ayres (1996): o primeiro indicador calcula a participação dos insumos energéticos renováveis, como biomassa, hidroeletricidade, energias eólica e solar, no total de insumos demandados na produção energética. O segundo indicador associa a participação dos insumos primários para a produção de energia elétrica também com o total de insumos para a totalidade da produção energética. O terceiro indicador aborda a questão da eficiência energética.

O quarto e quinto indicadores serão, respectivamente, o índice de intensidade energética (IIE) e a intensidade de carbono na energia (ICE). O IIE é razão entre o consumo de energia de um país, expresso em unidades energéticas, e o valor de seu PIB, ou seja, o IIE indica a quantidade de energia necessária para a produção de uma unidade monetária do PIB (PINTO JR. et al., 2007). O ICE, por sua vez, refere-se à quantidade de dióxido de carbono (CO₂) produzida para cada unidade de energia usada.

No quinto capítulo, que aborda o último objetivo específico, são tratados o consumo energético e as emissões do setor de transportes. Inicialmente realiza-se uma caracterização da atual estrutura do setor a nível mundial e local, sendo que para o caso brasileiro será realizada uma retrospectiva histórica, indicando as tendências futuras para o mesmo. Em seguida apresenta-se o consumo energético do setor, detalhado por modal e por tipo de combustível. A última parte do capítulo dedica-se a explorar a questão das emissões de CO₂ do setor sendo feitas análises comparativas com outros setores da economia brasileira e com os setores de transportes de quatro países (Estados Unidos da América (EUA), China, Rússia e Índia).

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está estruturado em seis capítulos, incluindo a introdução e as considerações finais. Esta divisão visa organizar e evoluir a discussão do assunto de uma maneira coerente, permitindo o entendimento do tema de pesquisa.

O segundo capítulo será de natureza qualitativa, com a revisão de literatura apresentando o histórico do uso econômico da energia e a consolidação dos combustíveis de origem fóssil como principal componente da matriz energética mundial, a relação entre os sistemas econômico e ambiental e as formas como a teoria econômica aborda o assunto.

O terceiro capítulo traz a apresentação da matriz energética brasileira, com seus condicionantes históricos e a participação dos diversos tipos de energia na atual matriz energética brasileira.

O quarto capítulo é dedicado à elaboração e análise dos indicadores de sustentabilidade climática da matriz energética, do índice de intensidade energética e do índice de carbono na energia.

O quinto capítulo discute especificamente o setor de transportes, discutindo os impactos que sua atual estrutura acarreta ao consumo energético e emissões de CO₂ no Brasil.

Por fim, o sexto capítulo trará as considerações finais do estudo, resumindo as principais conclusões obtidas pelo trabalho no que se refere à importância da matriz energética na discussão da sustentabilidade.

2 ECONOMIA, ENERGIA E MEIO AMBIENTE

INTRODUÇÃO

O atual debate sobre as mudanças climáticas realizado nas últimas décadas mostra a importância da atividade humana neste processo. Fundamentado em dados e análises que insinuam a decisiva participação do homem na questão, o Painel Internacional sobre Mudanças Climáticas (IPCC), principal organismo multilateral da discussão sobre as mudanças do clima, aponta as emissões de gases do efeito estufa (GEE) oriundas da queima de combustíveis fósseis em processos produtivos e de consumo como o principal vetor causador do aceleração das alterações climáticas verificadas nos últimos cento e cinquenta anos.

Devido à extrema dependência que o atual sistema econômico mundial possui em relação à energia, e mais especificamente, em relação à energia de origem fóssil, o debate torna-se extremamente complexo e polêmico, na medida em que qualquer mudança significativa no atual padrão de consumo energético mundial trará repercussões importantes na economia mundial.

De modo a compreender este debate, fornecendo os subsídios necessários para os capítulos seguintes, o presente capítulo pretende identificar e entender o “trinômio” Economia, Energia e Meio Ambiente, enfocando primordialmente aspectos relativos à questão climática.

Para tanto, o capítulo conta com seis seções. A primeira contextualiza historicamente o uso econômico da energia e expõe o atual quadro energético mundial. A segunda apresenta as dimensões econômicas da energia. A terceira descreve a questão ambiental à luz da ciência econômica, indicando as duas principais correntes teóricas da economia do meio ambiente. A quarta, quinta e sexta seções tratam, respectivamente, da institucionalização do debate ambiental, da formação do conceito de desenvolvimento sustentável e do debate que relaciona matriz energética e mudanças climáticas.

2.1 HISTÓRICO DO USO ECONÔMICO DA ENERGIA

Com o advento da primeira Revolução Industrial a economia passou a alicerçar suas bases em torno da disponibilidade energética. A partir de então, a energia tornou-se uma questão estratégica onde se interligam aspectos econômicos, geopolíticos, sociais, tecnológicos e ambientais.

Pinto Jr. et al.. (2007) destacam que no cerne do movimento liderado pela Inglaterra no final do século XVIII existia uma sucessão de aspectos tecnológicos inter-relacionados que propiciaram a mudança do paradigma em relação à utilização econômica em larga escala da energia.

A troca de matérias-primas vegetais e animais por minerais e a substituição de fontes animadas de energia – dos homens e dos animais – pelas fontes inanimadas, principalmente aquelas que conseguiam transformar calor em trabalho, propiciaram ao sistema produtivo da época um suprimento quase ilimitado de energia.

Landes (1994) destaca que o desenvolvimento industrial da época, voltado para grandes unidades produtivas mecanizadas, teria sido impossível sem a existência de uma fonte energética mais vigorosa e independente das disponibilidades da natureza, como eram as forças humana e animal. Nesse sentido, o uso da máquina a vapor como conversor de energia, e de seu combustível inerente (o carvão mineral), ofereceu as condições ideais para as mudanças postas em curso.

Outro fator indutor da primeira revolução industrial foram as estradas de ferro, cuja invenção e desenvolvimento estão diretamente vinculados ao carvão mineral, seja utilizando o produto em suas locomotivas seja permitindo seu escoamento para locais distantes, ampliando a sua área de consumo e, conseqüentemente, as próprias práticas industriais revolucionárias da época.

O vigoroso processo de crescimento das indústrias do núcleo da primeira revolução industrial⁴ começa a perder força no final do século XIX. Essa perda de vitalidade é, no entanto, mais do que compensada pela ascensão de novas indústrias fundamentadas na evolução dos setores químicos, elétricos e pelo surgimento de uma nova fonte móvel de energia: o motor a combustão interna (LANDES, 1994).

⁴ O núcleo da primeira revolução industrial era composto pelos produtos têxteis, ferro e aço, produtos da indústria química pesada, engenharia a vapor e transporte ferroviário.

Esta conjugação de novos fatores, aliada à melhoria da conjuntura política internacional, com o fim da guerra da secessão nos EUA e da guerra Franco-Prussiana, permitiu que o sistema econômico ingressasse em sua segunda revolução industrial, desta vez liderada pelos EUA e baseada num novo paradigma energético.

Como apontam Calabi, et al.. 1983, os acontecimentos do final do século XIX fizeram a civilização do carvão, da estrada de ferro e da máquina a vapor dar lugar à do petróleo, do motor à explosão e do automóvel, transformação que viria a ser fator preponderante na composição do atual perfil energético.

Em ambas as etapas da Revolução Industrial, o padrão energético preponderante advinha de fontes fósseis, o que era um fator impulsionador do desenvolvimento industrial, dado a inesgotabilidade desses recursos, pensado naquele período (PINTO JR. et al., 2007).

No entanto, o que destaca o segundo período do primeiro surto de industrialização é que suas inovações tecnológicas, sobretudo os motores à base de combustíveis fluídos e a energia elétrica, ofereceram as condições necessárias para que o novo padrão, energético e industrial, se expandisse de uma maneira muito mais acentuada do que a verificada no primeiro período.

Para Pasdermadjian (1960), é possível dizer que entre os fatores considerados mais importantes da Segunda Revolução Industrial estão a invenção do motor a explosão e de combustão interna e a aplicação industrial da energia elétrica.

A partir de então os efeitos da segunda revolução industrial passaram a se aprofundar, com os EUA assumindo a vanguarda das inovações tecnológicas, ao mesmo tempo em que a dependência energética em relação aos combustíveis fósseis aumentava.

Esta dependência irá se expandir ao longo do século XX por boa parte do sistema econômico global, sobretudo no pós-guerra, com a exportação do modelo industrial norte-americano para as nações destruídas pela guerra e para as que iniciaram seu processo de industrialização tardiamente (CALABI, et al., 1981).

Cabe destacar, entretanto, que a segunda revolução industrial não trouxe consigo somente a consolidação das fontes de energia de origem fóssil como principal insumo energético para a matriz energética mundial. Também houve significativo avanço no uso da energia elétrica gerada por centrais hidrelétricas, possibilitando um maior aproveitamento decorrente da energia das águas.

A tabela 1 apresenta a evolução, em milhões de toneladas equivalente de petróleo (tep)⁵, do consumo mundial de energia a partir de 1900, período que coincide com os primeiros reflexos da segunda revolução industrial, até o ano de 2030.

Como pode ser observado, os últimos anos do século XX apresentam uma diferença considerável em relação ao ano de 1900 no que se refere à composição do consumo energético mundial.

Tabela 1 – Evolução do Consumo Mundial de Energia

	Em milhões de tep							
	1900	1950	1973	1989	2004	2010*	2015*	2030*
Carvão	506	947	1538	2405	2773	3354	3666	4441
Petróleo	20	504	2755	3095	3940	4366	4750	5575
Gás	7	153	961	1508	2302	2686	3017	3869
Eletricidade	3	76	338	901	956	1055	1127	1269
Biomassa	429	419	589	868	1176	1283	1375	1645
Total	965	2099	6181	8777	11174	12744	13935	16799

Fonte: Pinto Jr. et al.. (2007).

* Dados estimados pela Agência Internacional de Energia (IEA, sigla em inglês)

A biomassa, que em 1900 representava 44% do consumo energético, teve seu consumo reduzido para aproximadamente 10% no ano de 2004, dando espaço para o aumento do consumo de outras fontes, sobretudo as de origem fóssil. No ano de 2004, o petróleo, o gás e o carvão mineral responderam por um pouco mais de 80% de todo o consumo energético mundial.

Especificamente em relação ao petróleo, a principal fonte energética da atualidade, uma questão que deve ser ressaltada refere-se ao surgimento e a consolidação multifuncional do motor a explosão trazer consigo a necessidade de utilização de uma fonte de combustível líquida, o que favoreceu a utilização em larga escala daquele tipo de energético (CALABI, et al., 1981).

⁵ Tonelada equivalente de petróleo (tep) é a unidade comum na qual se convertem as unidades de medida das diferentes formas de energia utilizadas no Balanço Energético Nacional (BEN) e equivale à energia existente em uma tonelada de petróleo.

Box 1 – Unidades de Energia

A unidade básica adotada nas estatísticas nacionais e internacionais de energia é a “tonelada equivalente de petróleo (tep)”, uma vez que a mesma está diretamente relacionada com energético importante e por expressar um valor físico. No entanto, outra unidade para medir a produção e o consumo energético é o kilowatt(kW).

Conversão:

$$1 \text{ kW} = 11,63 \times 10^3 \text{ tep}$$

Exponenciais:

$$\begin{aligned} (k) \text{ kilo} &= 10^3 \\ (M) \text{ mega} &= 10^6 \\ (G) \text{ giga} &= 10^9 \\ (T) \text{ tera} &= 10^{12} \end{aligned}$$

Fonte: MME (2010)

2.2 AS DIMENSÕES ECONÔMICAS DA ENERGIA

O aprofundamento da relação entre o sistema econômico e a energia, principalmente no que refere ao aumento da dependência dos combustíveis fósseis, levou o binômio energia/economia a uma relação com vários tipos de interações, as quais repercutem sob múltiplas dimensões.

Pinto Jr. et al. (2007) apontam cinco dimensões principais desse binômio economia-energia: as dimensões macroeconômica, microeconômica, tecnológica, política internacional e ambiental, sendo esta última o foco principal deste estudo.

A dimensão macroeconômica por si só possui uma série de condicionantes. Primeiro, porque os impactos dos investimentos em energia, dada a escala dos empreendimentos, possuem importância para a formação bruta de capital fixo. Segundo, o forte poder arrecadatório da comercialização da energia a torna uma fonte de receita tributária importante para a maioria dos países. Terceiro, a importância do comércio internacional de energia que, por ter uma disponibilidade desigual entre as nações, está sujeita a oscilações de preços e estoques que podem submeter a balança comercial e a atividade econômica dos países a instabilidades, como as verificadas nos dois choques do petróleo da década de 1970. Quarto, o impacto que a oscilação de preços dos energéticos pode causar sobre as taxas de inflação. O último aspecto desta dimensão gira em torno da elasticidade-renda da demanda de energia, isto é, na relação entre crescimento econômico e consumo energético. Neste ponto, é importante destacar uma série de estudos que analisaram a interação entre o uso de energia e o nível da atividade econômica.

Em seu trabalho sobre a relação do binômio energia/crescimento econômico, Mason (apud PINTO JR. et al., 2007) constatou uma correlação entre a renda nacional e o consumo de energia per capita e estimou a elasticidade para 42 países. Na mesma linha, Mainguy (1967) mostrou que existiria uma relação proporcional entre as oscilações de consumo energético e renda nacional, com uma elasticidade próxima a 1 para a maioria dos países observados. Essa percepção da relação praticamente direta entre crescimento econômico e consumo de energia persistiu até o final da década de 1960, influenciando a maioria das políticas energéticas ao redor do mundo, que pautaram o seu crescimento numa expansão da demanda energética.

A hipótese deste padrão único na relação entre energia e economia passou a sofrer forte contestação a partir da década de 1970, quando trabalhos como os de Darmstader (1971), Janosi e Grayson (1972) e Martin (1991) encontraram indícios de que o consumo energético, apesar de estar relacionado ao nível da atividade econômica, também se relacionava com o estágio no qual se encontrava cada economia, se mais agrária ou mais industrial, por exemplo, e na forma como os recursos energéticos eram utilizados nos processos produtivos, isto é, no nível de eficiência do consumo de energia. Estes questionamentos fizeram com que a comparação internacional da relação Energia/PIB passasse a ser um instrumento de pouca abrangência. A partir daí, procurou-se novas formas de análise do uso econômico da energia, chegando-se ao Indicador de Intensidade

Energética (IIE), que indica a quantidade de energia que cada economia necessita para produzir uma unidade monetária de seu PIB (PINTO JÚNIOR, et al., 2007).

O gráfico 1 expõe a relação entre o consumo de energia per capita e o índice de desenvolvimento humano (IDH) em 177 países para o ano de 2005.

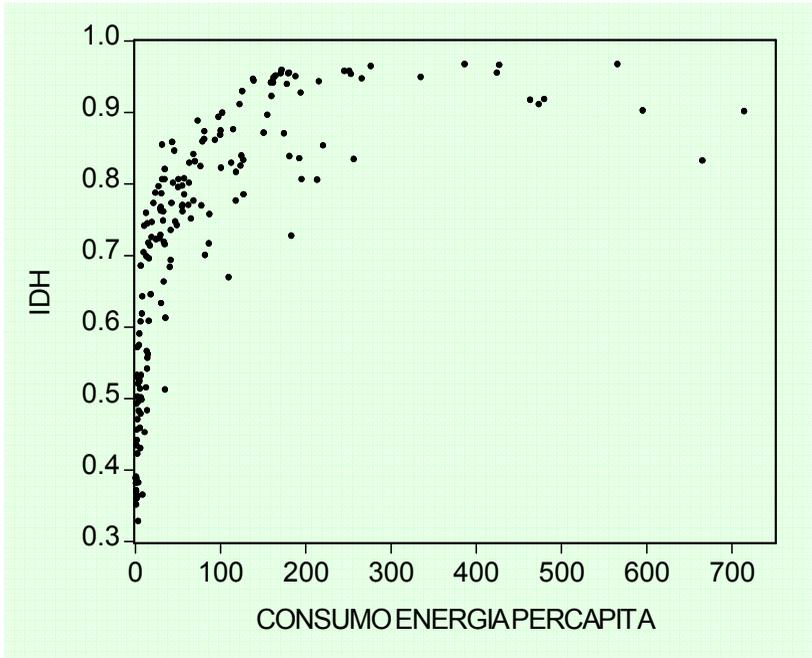


Gráfico 1 – IDH x Consumo Energético Per capita - 2005

Fonte: Elaboração própria, com dados da IEA.

De fato, observando o gráfico pode-se concluir que a relação entre energia e economia, no caso representado pelo IDH, um dos principais indicadores de desenvolvimento humano da atualidade, não funciona de maneira linear. Do gráfico depreende-se a existência de um ponto ótimo da relação entre as duas variáveis, entre 100 e 200 tep/pessoa, como uma faixa onde o consumo energético garantiria um elevado índice de desenvolvimento humano.

A dimensão microeconômica possui duas vertentes principais. A primeira está relacionada aos critérios de formação de preços e às

funções de custos dos tipos de energia disponíveis, haja vista a existência de diversas estruturas de mercado no setor energético. A segunda vertente relaciona-se às tomadas de decisão de investimento e financiamento, questão central na expansão do sistema energético.

A dimensão tecnológica ancora-se nos processos de inovação existentes não só no setor energético, mas em todo sistema econômico e nas novas técnicas produtivas e de utilização dos distintos energéticos.

A dimensão política internacional relaciona-se com o fato da distribuição desigual dos recursos energéticos em todo o mundo e como isso influencia a geopolítica mundial, não se limitando ao escopo puramente econômico.

Por fim, a dimensão ambiental que está diretamente relacionada ao desenvolvimento sustentável e que consiste em análises relacionadas às mudanças climáticas e outros aspectos, conforme veremos na sequência deste capítulo.

2.3 A ECONOMIA DO MEIO AMBIENTE

Até meados da década de 1960, a teoria econômica dispensava tratamento secundário aos impactos ambientais provocados pelo sistema econômico. Na busca de caminhos para um crescimento econômico de longo prazo, não existia uma convicção de que o sistema ambiental apresentava limitações físicas, seja como provedor de recursos ou como repositório de rejeitos produtivos que pudessem restringir de maneira significativa o desempenho econômico.

A partir de então começaram a surgir análises relacionadas aos impactos das restrições ambientais sobre o processo de crescimento econômico. Como destaca Mueller (2007), o aparecimento destas análises está diretamente relacionado à intensificação da poluição nos grandes centros urbanos das economias industrializadas, aos choques do petróleo da década de 1970 e ao relatório do Clube de Roma, que culminou na obra “*Limits to Growth*” e apontou a necessidade urgente de conter os crescimentos econômico e demográfico como forma de se evitar uma catástrofe ambiental de impacto mundial num curto espaço de tempo.

Com os crescentes questionamentos dos reais impactos da atividade econômica sobre o sistema ambiental, a ciência econômica viu-se obrigada a ter um maior protagonismo no debate.

Dessa forma, ao mesmo tempo em que o *mainstream* econômico inicia a incorporação em seu esquema analítico de aspectos relacionados ao meio ambiente e à relação do sistema econômico com seu meio externo, outras correntes de pensamento se formam a partir do reconhecimento da insuficiência e inadequação do instrumental econômico convencional para tratar da questão ambiental (ANDRADE, 2009).

Do debate iniciado naquele período, surgiram duas principais correntes dentro da ciência econômica: a economia ambiental neoclássica, representada pelo *mainstream* econômico, e a economia ecológica, que recebeu a contribuição de pesquisadores de vários ramos da ciência e enxergava limitações, de natureza ambiental, para a manutenção do modelo de crescimento econômico então vigente.

2.3.1 A economia ambiental neoclássica

Como apontando anteriormente, até meados da década de 1960, a teoria econômica convencional (neoclássica) não incluía em seu referencial teórico as limitações de origem ambiental. Os recursos naturais, por exemplo, não figuravam na especificação da função de produção, que continha apenas capital e trabalho (ROMEIRO, 2003).

A principal explicação para a ausência de um tratamento econômico das questões ambientais residia no fato de que a escala da economia global até aquele período era reduzida, fazendo com que a capacidade do meio ambiente em prover recursos e assimilar rejeitos fosse considerada ilimitada, sem implicações mais decisivas para a economia (PERRINGS, 1987).

Essa visão começou a mudar quando o sistema econômico passou a ser apontado como fonte de distúrbios ambientais de forma cada vez mais incisiva, obrigando os economistas neoclássicos a incluírem a questão ambiental em sua base analítica como forma de contrapor as pesadas críticas recebidas pelas suas teorias.

Assim, passou-se a admitir que os recursos ambientais integravam a estrutura produtiva e que poderiam apresentar restrições em ambas as pontas, isto é, na fonte de insumos e no sorvedouro de resíduos (MUELLER, 2007).

Andrade (2009) destaca que o reconhecimento de que a economia retira recursos do meio ambiente e os devolve sob a forma de rejeitos conduziu à incorporação do princípio dos balanços materiais nos

modelos econômicos. Em complemento, admitiu-se que a finitude dos recursos providos pelo meio ambiente poderia levar a uma crescente escassez de materiais e que a poluição gerada pelo sistema econômico poderia ultrapassar os limites de assimilação dos ecossistemas. Estas restrições, no entanto, seriam apenas relativas uma vez que os recursos ambientais, na visão desta corrente, teriam uma perfeita substitutibilidade com capital e trabalho, isto é, através do progresso científico e tecnológico as limitações ambientais poderiam ser suplantadas (ROMEIRO, 2003).

Segundo Solow (2000), os recursos naturais jamais consistiriam em uma barreira à expansão do sistema econômico, isso porque, a escassez deste fator de produção seria absorvida por maiores inovações nos outros dois fatores, trabalho humano ou capital produzido.

O otimismo em relação à superação das restrições ambientais por meio de inovações tecnológicas e as preocupações mais relacionadas aos aspectos econômicos do que os ambientais fizeram com que as teorias dos economistas ambientais fossem referidas na literatura como hipóteses de sustentabilidade fraca, onde o meio ambiente não reagiria de forma mais drástica às agressões do sistema econômico (MUELLER, 2007).

A maior preocupação relacionada ao meio ambiente como fornecedor de materiais e como receptor de resíduos conduziu à criação de dois ramos principais dentro da Economia Ambiental Neoclássica: A economia dos recursos naturais e a economia da poluição.

A economia dos recursos naturais assume que o uso ótimo dos recursos naturais é um problema de alocação intertemporal, isto é, sua exploração deveria ocorrer com base na maximização dos ganhos obtidos ao longo do tempo, com os conceitos de custo de oportunidade e taxa de desconto devendo ser observados.

Os referenciais teóricos basilares desta abordagem são os trabalhos de Faustmann (1849) sobre gestão dos recursos florestais e o estudo de Hotelling (1931), que tratou do uso ótimo dos recursos esgotáveis, que, à época de suas elaborações, não representavam a opinião dominante (SILVA, 2003).

Conhecida como Regra de Hotelling, a teoria diz que, no equilíbrio, o valor da reserva de um recurso natural deveria crescer a uma taxa equivalente a taxa de juros, fazendo com que o preço do recurso natural crescesse exponencialmente igual a taxa de juros (HOTELLING, 1931).

A economia da poluição fundamenta-se nas teorias do bem-estar e dos bens públicos. Enxergando o meio ambiente com um bem

público e a poluição como um externalidade negativa, a teoria busca compreender os danos causados pela poluição e os custos e benefícios relacionados ao seu controle.

Como destaca Andrade (2009), a existência de externalidades faz com que os custos marginais sociais sejam diferentes dos custos marginais privados, o que leva a diferentes quantidades ótimas do ponto de vista privado e social conduzindo a uma falha de mercado que apenas seria corrigida com a criação de arranjos institucionais que fizessem os agentes responsáveis internalizarem suas externalidades como, por exemplo, a criação de taxas e licenças de poluição.

Dentre as críticas que a Economia Ambiental Neoclássica recebe das demais correntes, duas se sobressaem. A primeira consiste na aceitação da hipótese de perfeita substitubilidade entre recursos naturais, capital e trabalho, isto é, que as restrições de ordem ambiental seriam plenamente absorvidas por avanços tecnológicas.

Um trabalho acadêmico relevante sobre a hipótese da perfeita substitubilidade entre capitais natural e humano é a publicação de Grossman e Krueger (1995) que comparou a evolução de alguns indicadores ambientais, como o dióxido de enxofre, ao crescimento da renda per capita dos Estados Unidos. Ao ser encontrada, em quase todas as análises, uma relação em forma de um “U” invertido, chamada de Curva de Kuznets Ambiental, isto é, crescente num primeiro momento, atingindo um pico e depois, à medida que a renda per capita fosse aumentando os indicadores ambientais melhorariam, sinalizando uma recuperação da qualidade ambiental, os autores concluíram que o crescimento econômico não causaria danos ambientais irreparáveis.

Tal hipótese apontam os críticos, mostra-se frágil quando se leva em conta o comprometimento de variáveis como a biodiversidade, o clima e o patrimônio cultural que, ao nível tecnológico existente, ainda não possuem substitutos (VEIGA, 2008). Ademais, a aceitação do segundo trecho (declinante) da curva não é tão consensual quanto o primeiro, uma vez que, como sugerem Suri e Chapmam (1998) a declividade negativa poderia estar ocorrendo não apenas por uma vontade social e estatal, mas pela transferência de métodos produtivos intensivos em poluição dos países industrializados para os países em desenvolvimento, fato conhecido como exportação de poluição.

Outra crítica refere-se ao tratamento segmentado que a teoria propõe às funções do meio ambiente. Ao dividir o problema ambiental em duas linhas, economia da poluição e economia dos recursos naturais, a análise torna-se parcial, sem a necessária visão sistêmica que o problema requer.

2.3.2 A economia ecológica

A outra principal escola é a economia ecológica que, ao contrário da economia ambiental, enxerga o sistema econômico como um subsistema do sistema ambiental, o que ocasiona uma restrição física à expansão ilimitada da economia.

Com suas bases tendo sido concebidas entre as décadas de 1960 e 1970 por acadêmicos como Nicolas Georgescu-Roegen e Kenneth Boulding, essa corrente entende que o capital, no sentido econômico da palavra, e o capital natural seriam complementares, isto é, os progressos científico e tecnológico teriam um alcance limitado para suplantar determinadas restrições impostas pelo meio ambiente. Essa visão menos otimista da capacidade humana de ultrapassar as limitações ambientais fez com que a literatura se referisse a essa abordagem como a da sustentabilidade forte (ROMEIRO, 2003).

A sustentabilidade ambiental do sistema econômico no longo prazo não seria possível sem que o modelo de produção da economia estivesse atento aos limiares impostos pela natureza, isto é, sem que se respeitasse os limites de suporte do planeta. Compreender como a economia poderia funcionar cumprindo essas premissas seria, portanto, o principal esforço desta corrente teórica.

Por entender que as relações entre o sistema econômico e o meio que o cerca devem ser analisadas sob múltiplas perspectivas, a economia ecológica é uma abordagem multidisciplinar, integrando conceitos das ciências econômicas e das ciências naturais, sobretudo a ecologia. Esta abordagem possibilita uma visão integrada e biofísica das interações meio ambiente-economia, favorecendo a busca por soluções estruturais para os problemas ambientais (VAN DEN BERGH, 2000).

No entanto, essa necessária diversidade metodológica para lidar com a questão não impede que a Economia ocupe papel de destaque no âmbito da disciplina, uma vez que, como ressalta Amazonas (2009), o objeto de estudo da economia ecológica é o sistema econômico e sua interação ecológica com o mundo.

Como dito anteriormente, os dois principais precursores da economia ecológica tinha com ponto em comum de suas bases analíticas as limitações físicas da expansão econômica. Em sua principal obra, Boulding (1966) fazia uma crítica à sociedade humana contemporânea por sua resistência em migrar de uma economia do “cowboy”, que não acreditava nas limitações impostas pelos recursos naturais, para uma economia do astronauta, que admitia a necessidade de uma melhor

gestão dos recursos naturais para garantir um futuro promissor para o planeta.

Boulding argumentava que o funcionamento do atual sistema econômico não é sustentável, uma vez que não seria possível evitar o futuro esgotamento do capital energético do planeta (MUELLER, 2007).

Muito embora a ideia da segunda lei da física, Entropia, já permeasse as idéias de Boulding, é com a obra de Georgescu Roegen (1971) que a ideia assume o status de principal aspecto analítico da economia ecológica na revisão da análise dos impactos do sistema econômico sobre o meio ambiente. A aplicação dos princípios das leis da termodinâmica⁶ é o cerne do diferencial analítico da economia ecológica em relação à economia ambiental neoclássica.

A primeira lei da termodinâmica estabelece que as quantidades existentes de matéria e energia são constantes no universo e não podem ser criadas ou destruídas. Com isso a base sobre a qual o sistema econômico se desenvolve é limitada, implicando na impossibilidade de um crescimento contínuo (ANDRADE, 2009).

Essa estrutura analítica reveste-se de maior poder de compreensão quando se adiciona a segunda lei da termodinâmica, pois esta afirma que a energia, mesmo sendo constante, passa por um processo irreversível de um estado disponível para outro indisponível, o que eleva a entropia. A única forma de conter esta elevação seria direcionar a economia para uma situação de retração permanente, que contivesse o aumento da entropia (GEORGESCU-ROEGEN, 1971).

Como destaca Veiga (2008) essa abordagem de Georgescu sofreu forte restrição em sua época de divulgação, pois o que aquele autor destacava era a necessidade de encontrar um caminho de desenvolvimento para a humanidade compatível com a retração, isto é, com o decréscimo do produto, sob o risco de comprometer as gerações futuras caso nada fosse feito.

Um terceiro autor de relevância para a economia ecológica é o norte-americano Herman Daily, aluno de Georgescu-Roegen, e que retomou a abordagem da condição estacionária (*steady stage*) inicialmente trabalhada por John Stuart Mill com sua idéia de *stationary stage*. Segundo Daily, no *steady stage* a economia continuaria se desenvolvendo, mas de forma qualitativa, isto é, aboliria a idéia do “crescer somente por crescer” tida como uma obsessão pela atual

⁶ As duas primeiras leis da termodinâmica, quais sejam, a lei da conservação da matéria e energia e a lei da entropia, devido às suas implicações para a escassez na economia, foram os principais referências teóricos desta nova abordagem.

sociedade. A opção passaria a ser um crescimento mais qualitativo, atento às necessidades do desenvolvimento humano e à importância de uma melhor distribuição da riqueza gerada.

2.4 A INSTITUCIONALIZAÇÃO DO DEBATE AMBIENTAL

À medida que o debate na esfera acadêmica crescia em contribuições e discussões, o meio ambiente adquiria um maior status institucional, tornando-se tema recorrente das agendas nacionais e supranacionais.

Em uma visão retrospectiva, Leis e D'Amato (1995) pontuam a evolução do movimento ambientalista por décadas, através dos fatos mais relevantes.

O movimento teria emergido nos anos de 1950 por meio dos cientistas. A década de 1960 representou o ingresso das organizações não governamentais no debate. Neste período foram criadas diversas organizações ambientalistas, como o Fundo para a Vida Selvagem (WWF) em 1961.

Os anos de 1970 marcam a institucionalização do debate ao nível de governos e partidos. Foi nessa conjuntura que a Conferência de Estocolmo das Nações Unidas, realizada em 1972, introduziu a discussão no âmbito das relações internacionais e levou à criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) em dezembro daquele ano. A década também ficaria marcada pela expansão dos partidos verdes nas estruturas partidárias locais e pela criação de diversas agências estatais relacionadas ao meio ambiente (LEIS; D'AMATO, 1995).

A consolidação prossegue nos anos 80 com a criação da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD), vinculada à Organização das Nações Unidas (ONU), e que foi responsável pela elaboração do relatório *Nosso Futuro Comum* publicado em 1987, que oficializou o termo *Desenvolvimento Sustentável*. A década ainda ficaria marcada pela criação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, sigla em inglês)

no ano de 1988⁷, cujos primeiros resultados irão dar o tom do debate ambiental das décadas seguintes.

Os anos de 1990 são marcados pelo ingresso das empresas, atentas ao aumento da estrutura fiscalizatória contra a degradação ambiental e à nascente demanda por produtos “verdes”. Na esfera das relações internacionais, ocorreu uma série de encontros e reuniões diplomáticas, como a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio 92) e as Conferências das Partes (COPs), realizadas anualmente a partir de 1995. O período também pode ser tomado como o da emergência do debate sobre as mudanças climáticas e que vai ser a tônica da discussão ambiental a partir de então.

Na primeira década do século XXI, o debate sobre mudanças climáticas ganha força e se populariza, com os mecanismos de comunicação e a maior frequência de desastres naturais potencializando as discussões a respeito. Na esfera política, a necessidade de se reformar a estrutura de governança das negociações ambientais internacionais passa a ser considerada prioritária para se obter avanços nas medidas necessárias para conter a crise ambiental global.

Leis e D’Amato (1995) alertam, no entanto, que o processo de consolidação do ambientalismo vem ocorrendo de uma forma distorcida que pode torná-lo incapaz de responder à crise ecológica. Ao contrário das premissas de solidariedade e cooperação, que nortearam cientistas e ONG nas décadas de 1950 e 1960, empresários e políticos possuem valores e práticas mais orientados para o conflito e para a competição, ideias, talvez, incompatíveis com a proposta originária de se pensar o processo econômico à luz das restrições ambientais.

2.5 O CONCEITO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Foi na primeira reunião do PNUMA, em 1973, que Maurice Strong lançou o conceito de Ecodesenvolvimento, cuja essência teórica

⁷ O IPCC foi criado por proposta da Organização Mundial de Meteorologia(OMM) e do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente(PNUMA). Trata-se de grupo de especialistas cuja missão consiste em analisar, de forma exaustiva, objetiva, aberta e transparente as informações científica, técnica e socioeconômica relevantes para entender os elementos científicos do risco impostos pelas mudanças climáticas provocadas pelas atividades humanas, suas possíveis repercussões e as possibilidades de adaptação e atenuação das mesmas (IPCC, 2010).

viria a se consolidar mais adiante com o termo Desenvolvimento Sustentável.

Entendia-se que o crescimento econômico era necessário não da forma perversa como ocorria, mas de uma maneira que contemplasse em sua essência a harmonização dos objetivos sociais, ambientais e econômicos. De maneira sintética, o quadro 1 apresenta os aspectos e objetivos do ecodesenvolvimento na visão de Sachs (1993) e que por sua similaridade também podem ser aplicados para o conceito de Desenvolvimento Sustentável.

O conceito de Desenvolvimento Sustentável teve sua primeira “noção” discutida em agosto de 1979 no Simpósio das Nações Unidas sobre Inter-relações de Recursos, Ambiente e Desenvolvimento, também realizado em Estocolmo. Contudo, foi em 1987 com o lançamento do relatório “Nosso Futuro Comum” de autoria da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento que o conceito adquiriu um maior status político e institucional.

O órgão, presidido pela então primeira ministra da Noruega Gro Harlem Brundtland, havia sido criado pela ONU em 1983 com a missão de estabelecer uma nova agenda global para a mudança, com uma nova forma de enxergar o desenvolvimento (BRUNDTLAND, 1987).

Pelo relatório de 1987, também conhecido como Relatório Brundtland, Desenvolvimento Sustentável pode ser conceituado como:

[...] o desenvolvimento que garante o atendimento das necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender a suas necessidades [...]. (BRUNDTLAND, 1987, p. 5).

O documento destacava a necessidade de se enxergar o problema ambiental de uma forma integrada aos problemas econômicos. Ele reconhecia as limitações do planeta em suportar o ritmo da atividade econômica, mas o cerne principal do relatório encontra-se na urgência de se mudar a forma de pensar o desenvolvimento econômico.

Aspecto	Componentes	Objetivos
Sustentabilidade de Social	<ul style="list-style-type: none"> - Criação de postos de trabalho que permitam a obtenção de renda individual adequada - Produção de bens dirigida prioritariamente às necessidades básicas sociais. 	Redução das Desigualdades Sociais.
Sustentabilidade de Econômica	<ul style="list-style-type: none"> - Fluxo permanente de investimentos públicos e privados. - Manejo eficiente dos recursos. - Absorção, pela empresa, dos custos ambientais. - Endogeneização: contar com suas próprias forças. 	Aumento da produção e da riqueza social sem dependência externa.
Sustentabilidade de Ecológica	<ul style="list-style-type: none"> - Produzir respeitando os ciclos ecológicos dos ecossistemas. - Prudência no uso de recursos naturais não renováveis. - Prioridade à produção de biomassa e à industrialização de insumos naturais renováveis. - Redução da intensidade energética e aumento da conservação de energia. - Tecnologias e processos produtivos de baixo índice de resíduos. -Cuidados ambientais. 	Melhoria da qualidade do meio ambiente e preservação das fontes de recursos energéticos e naturais para as próximas gerações.
Sustentabilidade de Espacial/ Geográfica	<ul style="list-style-type: none"> -Desconcentração espacial (de atividade e de pessoas). - Desconcentração/democratização do poder local e regional - Relação cidade/campos equilibrada. 	Evitar excessos de aglomerações.
Sustentabilidade de Cultural	<ul style="list-style-type: none"> - Soluções adaptadas a cada ecossistema. - Respeito à formação cultural comunitária. 	Evitar conflitos culturais com potencial regressivo

Quadro 1 - Aspectos do Desenvolvimento Sustentável

Fonte: Sachs (1993)

Segundo o relatório, muitas das atuais tendências de desenvolvimento resultavam em um número cada vez maior de pessoas pobres e vulneráveis e aumentava a degradação ambiental. Dever-se-ia, portanto, partir de uma análise integrada que contemplasse três problemas: degradação ambiental, desigualdade e pobreza.

As diretrizes básicas sobre as quais o documento se concentrou com objetivo de propor um novo modelo de desenvolvimento foram denominadas de desafios comuns e eram as seguintes: população, segurança alimentar, extinção das espécies e esgotamento de recursos genéticos, energia, indústria e assentamentos humanos. Por estarem inter-relacionadas, estas seis áreas não poderiam ser tratadas isoladamente (BRUNDTLAND, 1987).

Apesar de fornecer um viés mais biocêntrico à visão de desenvolvimento, o relatório Brundtland é criticado por alguns estudiosos que enxergam contradições na forma como o desenvolvimento sustentável é defendido naquele documento.

Para Haavelmo e Hansen (apud MONTIBELLER FILHO, 2004) assumir o conceito exposto no relatório de 1987 implicaria a aceitação de três aspectos: que o padrão de consumo vigente pode ser mantido, expandido e difundido mundialmente; que o status do consumidor prevalecerá; e que a tecnologia será capaz de produzir cada vez mais e utilizando menos recursos.

Veiga (2007) destaca que a forma como o conceito foi exposto pelo relatório de 1987, não impondo meios práticos e quantificáveis para atingi-lo, pode conduzir a conclusões e ações contraditórias a respeito do assunto, abrindo margem para seu uso oportunista por parte de alguns setores da economia. Segundo o autor, o documento é mais uma peça política e diplomática de prestação de contas à sociedade internacional, do que um instrumento que se preste efetivamente a solucionar a questão ecológica.

Ayres (1996) apontou a necessidade de criação de indicadores que pudessem orientar a condução das políticas de desenvolvimento sustentável, assim como a necessidade de um rearranjo da estrutura de governança das relações internacionais para o controle dessas políticas.

Não obstante as críticas recebidas, o documento permitiu a institucionalização do debate e, através de suas diretrizes básicas, pautou a agenda de discussões dos sucessivos fóruns globais que o seguiram.

Dentre essas diretrizes, a questão energética se destaca como de especial interesse para o principal debate ambiental da atualidade, qual seja, as mudanças climáticas. Como destacam relatórios do IPCC, a matriz energética tem sido considerada a principal responsável pelas emissões de gases do efeito estufa provenientes da ação humana.

2.6 MODELO ENERGÉTICO E MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Esta seção pretende compreender as implicações do atual modelo energético mundial sobre as mudanças climáticas. Cabe ressaltar, no entanto que a relação mudanças climáticas/padrão energético não possui unanimidade nos âmbitos acadêmico e científico. Para parte da literatura, denominada de cética em relação ao aquecimento global, o que estaria ocorrendo é uma variação cíclica do

sistema climático, que não teria a influência humana e que dentro em breve iniciaria um período de retração de suas temperaturas.

Por esta razão, discute-se primeiramente a evolução das emissões de GEE para posteriormente expor a relação energia/clima sob a ótica das duas correntes, inclusive a que advoga uma hipótese contrária a deste trabalho.

2.6.1 A evolução da emissão dos gases do efeito estufa

O expressivo aumento do consumo energético e da supressão da cobertura vegetal nos últimos dois séculos fez com que o acúmulo de gases do efeito estufa⁸ na atmosfera aumentasse de 280 para 430 partes por milhão (ppm) de Dióxido de Carbono equivalentes (CO₂e) no período. No que se refere à contribuição da matriz energética mundial, maior fonte emissora, atribui-se à consolidação do sistema econômico em torno dos combustíveis fósseis a principal parcela de responsabilidade dessa elevação (BRUNDTLAND, 1987).

A figura 1 ilustra de maneira detalhada o percentual das emissões de GEE por setor, uso final e tipo de gás para o ano 2000. Nas emissões decorrentes da matriz energética mundial, os setores que mais contribuíram foram a indústria, os transportes e a geração de eletricidade, que possui forte dependência de fontes térmicas no contexto global.

⁸ O efeito estufa é processo de retenção na atmosfera de parte da radiação solar refletida pela superfície terrestre. Tem importância vital para a regulação climática do planeta, fornecendo as condições de temperatura que o tornam habitável. No entanto um aumento desse efeito, por parte de uma concentração de Dióxido de Carbono além do necessário por exemplo, pode vir a provocar desequilíbrios catastróficos no clima do planeta.

World GHG Emissions Flow Chart

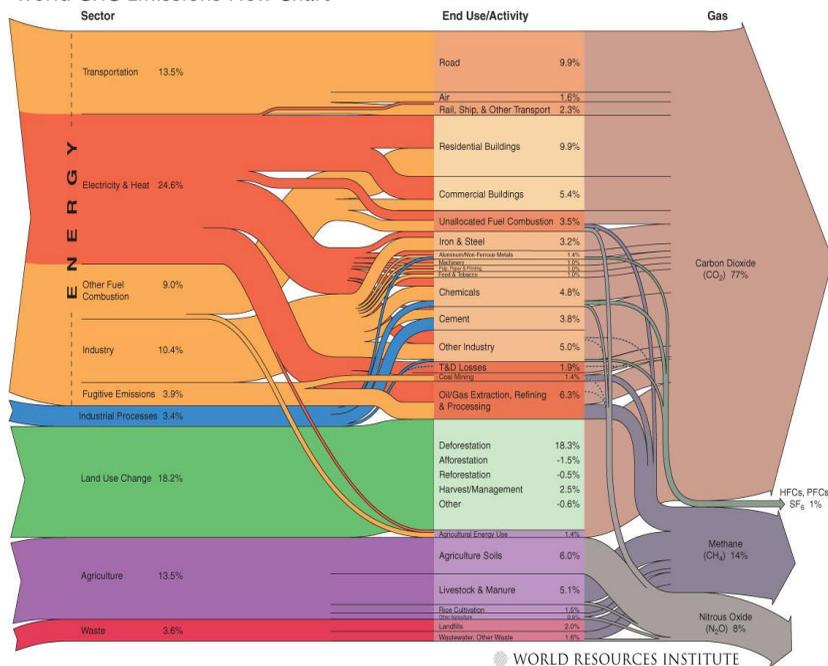


Figura 1 - Fluxo de Emissões de GEE em % para o ano 2000.

Fonte: World Resource Institute (disponível em <http://cait.wri.org>).

Efetuada-se uma visão perspectiva da evolução dessas emissões a partir da década de 1970, pode-se observar que as emissões de CO₂ equivalente apresentaram taxas crescentes no período, com o incremento das emissões oriundas da queima de combustíveis fósseis se destacando.

Como ilustrado na figura 2, as emissões globais de GEE totalizavam 28 Gt CO₂e, com o CO₂ oriundo do uso de combustíveis fósseis apresentando cerca de 50% de todo esse montante.

Não obstante as crises energéticas daquela década e a busca por alternativas energéticas que conduzissem a uma menor dependência da economia mundial em relação ao petróleo⁹, as emissões derivadas dos combustíveis fósseis continuaram na liderança dos números globais. Foi

⁹ A partir do choque do petróleo, as políticas energéticas locais começaram a buscar novas fontes de energia, que reduzissem a dependência em relação ao petróleo. Fontes como a nuclear, a eólica e a oriunda da biomassa foram inseridas nas matrizes energéticas.

assim que em 2004, das 49 Gt CO₂e lançadas na atmosfera, quase 29 Gt, aproximadamente 59% do total, originaram-se do CO₂ emitido por aquele tipo de energia primária.

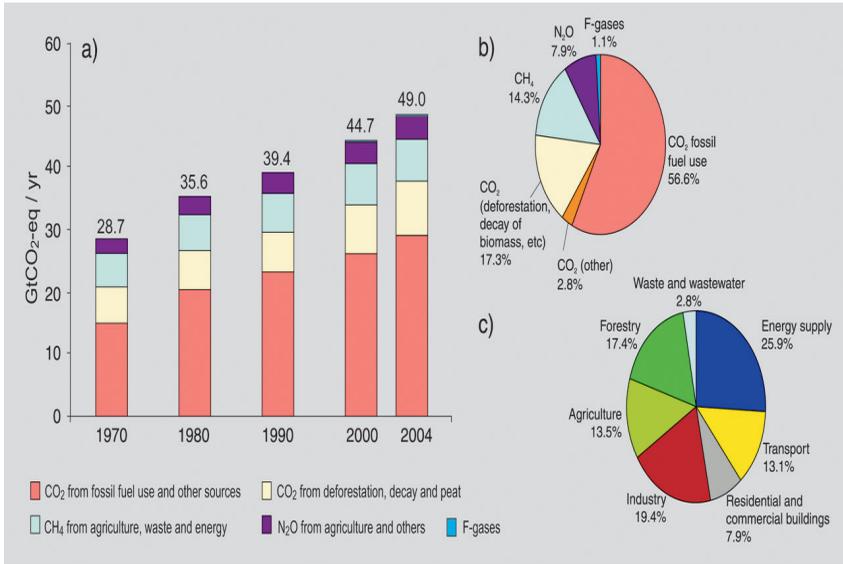


Figura 2 – Evolução da Emissão de Gases do Efeito Estufa - 1970-2004
Fonte: IPCC (2007).

Os dados demonstram, portanto, que houve um incremento considerável das emissões de Gases do Efeito Estufa, sobretudo daqueles relacionados ao aproveitamento energético das fontes fósseis, conclusão que vem ao encontro da hipótese de que o atual sistema econômico está intimamente relacionado ao uso destes energéticos.

2.6.2 O debate sobre mudanças climáticas

Foi em uma reunião realizada no ano de 1985 em Vilach, Áustria, organizada pela Organização Mundial Meteorológica e pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, que cientistas de 29 nações, após analisarem indícios sobre o efeito estufa, concluíram que a mudança climática deveria ser considerada uma probabilidade

plausível e grave, com a participação humana, através do aumento das emissões de gases do efeito estufa, sendo a principal causa do problema.

A reunião recomendou, em sua declaração final, que a estratégia para a resolução do problema deveria seguir quatro pontos:

- Aumentar o acompanhamento e avaliação dos fenômenos climáticos;
- Aumentar as pesquisas para o melhor conhecimento das origens, mecanismos e efeitos dos fenômenos;
- Estabelecer políticas para a redução dos GEE derivadas de um acordo internacional;
- Adotar estratégias para a minimização dos impactos das alterações climáticas e da elevação do nível do mar.

Durante o século XX a temperatura média global do planeta elevou-se aproximadamente $0,7^{\circ}\text{C}$, tendo o último quarto daquele século apresentado uma considerável aceleração desta elevação. Os primeiros anos do século XXI apresentam a mesma tendência, sugerindo que até o momento as iniciativas mundiais com o objetivo de reverter este comportamento ainda não se mostraram eficazes (BRASIL, 2003).

Com base em dados empíricos sobre a ciência do clima, o IPCC vem defendendo que o principal componente desta elevação de temperatura diz respeito ao volume de emissões de gases de efeito estufa decorrentes das atividades humanas. Lançados na atmosfera num volume além da capacidade de absorção do planeta, as emissões provocariam uma retenção de radiação solar em um nível acima do necessário para a estabilidade climática ocasionando as mudanças climáticas verificadas atualmente (IPCC, 2007).

O gráfico 2 mostra o comportamento da temperatura global. Nele pode-se perceber que em todos os trabalhos chegou-se à conclusão que de fato os valores médios vêm apresentando taxas crescentes ao longo do último século.

Global Temperature Time Series

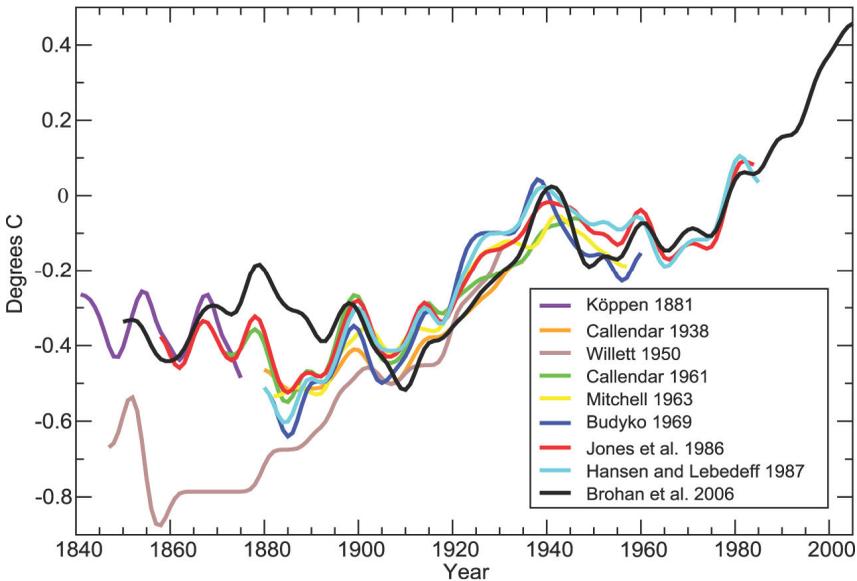


Gráfico 2 – Evolução da temperatura global 1840 -2000

Fonte: IPCC (2007).

Para que essas taxas de elevação da temperatura média possam ser revertidas, ou pelo menos atenuadas, é necessário que a concentração de GEE na atmosfera se estabilize entre 450 e 500 ppm CO₂e. A atual concentração é de 430ppm CO₂e e segue crescendo num ritmo anual acima de 2 ppm (STERN, 2007).

Se esse ritmo for mantido, a previsão é que em 2035 a concentração de GEE na atmosfera alcance o dobro do nível relativo à era pré-industrial, o que muito provavelmente levaria a um aumento acima de 2°C de temperatura média global (STERN, 2007).

Caso nada seja feito para conter a atual tendência, uma elevação da temperatura dessa magnitude em tão pouco espaço de tempo resultaria em desastrosas consequências para o crescimento e desenvolvimento econômico mundial. Perdas na agricultura e na produção de alimentos, movimentos migratórios oriundos de áreas inundadas pela elevação do nível do mar, escassez de água doce decorrente da alteração dos regimes de chuvas e a perda da biodiversidade seriam alguns dos resultados que obrigariam o mundo a incorrer em um prejuízo anual que pode variar entre 5% e 20% do PIB global.

Stern (2007) destaca que, se fossem tomadas iniciativas imediatas e enérgicas para adaptar o planeta às mudanças climáticas que já estão em curso e para conter as atuais emissões de GEE, conduzindo-as a uma concentração na atmosfera dentro da faixa entre 450 e 550 ppm CO₂e, o custo total das ações não passaria de 1% do PIB mundial.

No que se refere à redução das emissões oriundas da matriz energética mundial, as estratégias deveriam levar em conta políticas para o aumento da eficiência energética, controle de demanda e a adoção de tecnologias mais limpas na produção de energia, na indústria e no setor de transportes, sendo que nesses últimos setores são necessários cortes mais drásticos (STERN, 2007).

Na mesma linha, Jannuzzi (1996) destaca que a expansão do sistema de produção de energia deveria seguir as seguintes características:

- Conversão mais eficiente de combustíveis fósseis: Na geração elétrica, por exemplo, ganhos tecnológicos poderiam propiciar reduções de até 50% nas emissões de longo prazo;

- Mudança do padrão de uso de combustíveis: Diminuir a utilização de carvão e óleos pesados na geração de eletricidade, aumentando a utilização do gás natural e de sistemas de co-geração. Especificamente para o setor de transportes, promover a substituição de combustíveis derivados do petróleo e gás natural por biocombustíveis, como o etanol e o biodiesel e;

- Maior utilização de fontes renováveis: Expansão do uso de biomassa, energia hidroelétrica, geotérmica, nuclear e outras.

Como a questão climática é global, isto é, para efeitos de concentração dos GEE na atmosfera pouco importa o país de onde os mesmos são lançados, torna-se necessário que a discussão e a implementação de ações tenham um caráter internacional.

Um futuro marco regulatório mundial deveria contemplar como elementos-chave as ações destinadas a reduzir o desmatamento, a adaptação às mudanças climáticas, a cooperação tecnológica internacional para uma maior eficiência energética e a criação de um sistema de certificado de emissões que pudesse ser comercializado internacionalmente (STERN, 2007).

Embora o debate se dê em âmbito internacional, suas considerações e ações não podem desconsiderar os aspectos históricos¹⁰, relacionados ao maior volume de emissões geradas pelos países mais industrializados.

Destaca-se, também, a necessidade de considerar as distorções existentes no consumo energético ao redor do planeta. Por esse motivo, instrumentos destinados a tornar o uso da energia mais eficiente e com menor impacto ambiental terão diferentes prioridades, barreiras e efeitos nos diversos países (JANNUZZI, 1987).

2.6.3 Uma opinião contrária: Os céticos do clima

Embora existam sólidas informações que permitam concluir pela responsabilidade da atividade humana na elevação média da temperatura global, para um grupo de cientistas esta relação de causa e efeito é vista como um alarmismo infundado e que pode provocar prejuízos à economia mundial. Esta corrente teórica não nega a ocorrência das mudanças climáticas, que estaria ocorrendo por conta de efeitos naturais, mas sim sua relação de causalidade com a atividade humana.

Este entendimento contrário aos efeitos da ação humana sobre o clima institucionalizou-se no ano de 2003 com o estabelecimento do Nongovernmental International Panel on Climate Change (NIPCC), que segundo seus criadores, visa discutir de maneira isenta e independente as dúvidas que cercam a questão climática (NIPCC, 2009).

Uma das contestações apresentadas por esse grupo de cientistas reside no fato de que os dados climáticos do IPCC provêm de algumas estações climáticas localizadas em áreas urbanas. Devido à formação de ilhas de calor¹¹ naquelas regiões, as informações coletadas poderiam apresentar um viés não verdadeiro levando a conclusões equivocadas em relação ao aquecimento do planeta (AVERY; SINGER, 2006).

¹⁰ No âmbito das negociações internacionais, este aspecto já vem sendo considerado. É o chamado princípio da responsabilidade comum, porém diferenciada, defendida pelos países em desenvolvimento e que teve seu fortalecimento por ocasião da elaboração do Protocolo de Quioto, principal tratado climático até o momento.

¹¹ As ilhas de calor referem-se a elevações locais de temperatura, decorrentes dos sistemas de transporte urbano, elevados volumes de asfalto e alta concentração de dióxido de carbono provocada pela aglomeração de um grande número de pessoas e indústrias.

Outro ponto de crítica refere-se aos modelos utilizados na previsão do futuro climático do planeta. Apesar de concordarem que variáveis como gases, oceanos e chuvas influenciem estas previsões, argumentam que há uma série de fatores ainda não compreendidos pela ciência que também podem trazer alterações para o clima. Seria, portanto, imprudente assumir um modelo de previsão fechado e a partir dele efetuar conclusões a respeito do futuro (ZICHICHI, 2007).

Existe ainda um grupo que acredita que a Terra estaria, na verdade, vivendo um período de resfriamento. Fundamentam sua conclusão no fato de que, apesar do constatado aumento da concentração de GEE na atmosfera, a temperatura média anual caiu entre os anos de 1998 e 2007 e que o aquecimento verificado ocorreu apenas no hemisfério norte, com o hemisfério sul se resfriando (HARRIS; 2008, e BALL, 2007).

O argumento mais utilizado para isentar a importância da atividade humana sobre as mudanças do clima, é o período de aquecimento pelo qual a Terra passou no período medieval, etapa anterior ao crescimento vertiginoso das emissões de GEE de origem humana. Naquele período, algumas regiões do planeta teriam experimentado uma alta de suas temperaturas devido à elevação súbita do nível de radiação solar, numa situação semelhante à atual (EASTERBROOK, 2006). Após aquele período ocorreu uma pequena era glacial que levou ao resfriamento do planeta, etapa que estaríamos prestes a ingressar novamente.

Em suma, a grande questão não estaria na negação da elevação da temperatura, apesar de alguns também negarem esse hipótese, mas na ausência de responsabilidade humana sobre a ocorrência desse fenômeno, que seria tipicamente natural.

Além do erro de diagnóstico, os céticos consideram que as respostas elaboradas pelo IPCC também estariam equivocadas. As estratégias de atenuação dos impactos das mudanças climáticas, como o controle das emissões globais de GEE, a substituição de combustíveis fósseis por biocombustíveis e a mudança do padrão de consumo mundial, além de pressupor a responsabilidade humana no processo, poderiam trazer grandes prejuízos à economia, sobretudo aos países mais pobres, que poderiam ser forçados a utilizarem em suas economias alternativas mais dispendiosas do que os combustíveis fósseis.

Ao contrário, alternativas que priorizassem a adaptação poderiam ajudar a humanidade a se desenvolver mesmo com a ocorrência de mudanças climáticas. Ações como a remoção de populações de áreas que se tornarão áridas ou alagáveis nos próximos

anos, a maior atenção às doenças tropicais e o avanço de estudos para a produtividade agrícola, tornando-a mais resistente às oscilações do clima, resultariam em respostas mais efetivas e menos dispendiosas.

3 A MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA: TRAJETÓRIA HISTÓRICA E SITUAÇÃO ATUAL

INTRODUÇÃO

Este capítulo faz uma caracterização geral da evolução da matriz energética brasileira a partir da década de 40, época do início da transição da economia brasileira de um padrão agroexportador para um modelo de industrialização. Este fato provocou modificações consideráveis no perfil da matriz energética do país, a qual possuía mais de 83% de toda sua Oferta Interna de Energia (OIE) oriunda da lenha e do carvão vegetal.

Ao longo do capítulo é discutida a evolução da participação das diversas fontes energéticas na Matriz Energética Brasileira (MEB), destacando-se os principais fatores explicativos dessa evolução, tais como as políticas energéticas implementadas; a evolução do consumo setorial; as duas crises do petróleo da década de 1970; bem como as mudanças no modo de intervenção do Estado a partir de década de 1990. Tais mudanças provocaram impactos significativos na matriz, principalmente nos mercados de petróleo e de energia elétrica.

Ao final, apresenta-se uma visão prospectiva da MEB, com as estimativas da oferta interna de energia, a evolução esperada na participação relativa das fontes energéticas e a previsão do consumo energético setorial, tendo como horizonte o ano de 2030.

3.1 A EVOLUÇÃO HISTÓRICA: DA DÉCADA DE 1940 À CRISE ENERGÉTICA DA DÉCADA DE 1970

A primeira metade do século XX marcou a transição acelerada da economia brasileira de padrão agroexportador para uma economia industrializada baseada, sobretudo, em bens intermediários. Essa transformação foi acompanhada por alterações da matriz energética nacional, que precisou se adequar às necessidades energéticas impostas pela nova conjuntura econômica (PINTO JR. et al., 2007).

O perfil de consumo energético vinha apresentando relativa estabilidade até o ano de 1944, com a lenha e o carvão vegetal ocupando uma liderança em relação à participação dos demais insumos

energéticos da matriz. Esse perfil começa a sofrer profundas modificações a partir de metade daquela década.

Com a melhoria do cenário externo, propiciado pelo fim da segunda guerra mundial, e com o aprofundamento dos processos de industrialização e urbanização, a ampliação da atividade econômica do país demandava um modelo energético novo, com maior escala e que pudesse assegurar o suprimento de energia para o crescimento econômico.

O novo modelo energético teria implicações técnicas, econômicas e ambientais distintas do modelo anterior, pois enquanto o antigo apresentava relativa estabilidade em torno da lenha e do carvão vegetal, um insumo produzido nacionalmente, renovável e cujo domínio tecnológico era amplamente difundido, as necessidades energéticas do futuro sinalizavam para o aumento do consumo dos combustíveis fósseis e da energia elétrica, ambos necessários à fase industrial e urbana na qual o país ingressava.

Tomando como exemplo o petróleo e seus derivados, base sobre a qual iria se desenvolver o modelo logístico de transporte, a ausência de uma produção interna no volume adequado e de tecnologias necessárias à demanda nascente, tornava evidente a pressão que a balança comercial brasileira passaria a sofrer em decorrência do aumento das importações de petróleo e da compra de equipamentos compatíveis àquela nova forma de energia.

O aspecto ambiental do uso de energia também seria fortemente atingido, uma vez que as mudanças eram na direção da expansão de fontes de energias fósseis, como o petróleo e seus derivados, em detrimento de fontes renováveis, como era o caso da lenha e do carvão vegetal.

A tabela 2 indica a evolução da oferta interna de energia na economia brasileira para o período entre 1940 e 1972. A interrupção no ano de 1972 é proposital, uma vez que o ano de 1973 é marcado pelo primeiro choque do petróleo fato que, como será discutido na próxima seção, trará consequências importantes para a matriz energética brasileira.

Tabela 2 - Evolução da Oferta Interna de Energia em % - Brasil 1940 a 1972

									Em %
Combustíveis Fósseis				Combustíveis Renováveis					
Ano	Petróleo Gás Natural e Deriv.	Carvão Mineral e Derivados	Subtotal (1)	Hidráulica e Eletricidade	Lenha e Carvão Vegetal	Produtos da Cana	Outras (*)	Subtotal (2)	TOTAL
1940	6,41	6,40	12,81	1,48	83,34	2,37	0,00	87,19	100,00
1945	5,51	5,05	10,56	1,56	85,69	2,19	0,00	89,44	100,00
1950	12,86	4,76	17,62	1,61	78,09	2,68	0,00	82,38	100,00
1955	20,91	4,29	25,20	2,26	69,33	3,21	0,00	74,80	100,00
1960	25,74	2,87	28,60	3,21	63,86	4,33	0,00	71,40	100,00
1965	28,66	3,21	31,87	3,84	59,04	5,24	0,00	68,13	100,00
1970	37,97	3,64	41,61	5,11	47,58	5,37	0,33	58,39	100,00
1972	41,97	3,43	45,40	5,78	42,68	5,73	0,40	54,60	100,00

Fonte: Ministério das Minas e Energia

Da tabela pode-se perceber o crescimento relativo, a partir de 1945, da participação das chamadas energias modernas (petróleo e eletricidade) na Oferta Interna de Energia (OIE).¹² De 1945 para 1955, a participação do petróleo e derivados elevou-se de 5,5% para mais de 20,9%, um incremento superior a 380% no período. Seguindo sua trajetória de expansão, este combustível representou, em 1972, mais de 41% de toda OIE, o que permite dizer que no período compreendido entre o início da principal fase da industrialização brasileira e o ano imediatamente anterior à primeira crise do petróleo, as mudanças

¹² A principal diferença entre a oferta interna de energia e o consumo final energético reside nas perdas ocorridas ao longo dos processos de transformação, armazenamento e distribuição e que atualmente giram em torno de 10% do total de energia ofertada, de modo que se pode ter uma boa *proxy* do consumo energético através da OIE.

estruturais verificadas na economia brasileira foram fundamentalmente baseadas no consumo deste tipo de energia.

Da parte dos combustíveis renováveis, entre os anos de 1940 e 1972, verificou-se uma considerável retração da oferta interna de lenha e carvão vegetal, cuja participação decresceu de 83%, em 1940, para menos de 43%, em 1972. Parte desta redução foi compensada pelo aumento da oferta interna de outros dois combustíveis renováveis, quais sejam, a energia hidrelétrica, cuja participação saltou de 1,4% para 5,8% no mesmo período e a energia oriunda da cana, que passou de 2,4% no começo da década de 40 para 5,7% em 1972.

De um modo geral, o período 1940-1972 marcou a transição da economia nacional de um perfil de consumo energético de baixa emissão de carbono, onde as fontes não renováveis representavam pouco mais de 12%, para uma fase onde a crescente expansão da oferta do petróleo e seus derivados praticamente igualou a participação de fonte não renováveis a das fontes renováveis. Assim, em 1972 as fontes renováveis respondiam por 54,6% e as fontes não renováveis representavam 45,4% do total da OIE. Como será visto mais adiante, a manutenção da tendência de expansão nos anos subsequentes ao primeiro choque do petróleo fará com que oferta interna de combustíveis não renováveis assuma a liderança da participação na OIE.

A alteração no perfil da matriz energética entre os anos apresentados na tabela 2 foi fruto de uma série de ações fundamentadas em diagnósticos da economia, muitos dos quais elaborados em conjunto pelos governos brasileiro e norte-americano¹³, que apontavam a ausência de uma infraestrutura energética capaz de abastecer o parque industrial brasileiro em constituição.

Dessa forma, o Estado brasileiro atuou basicamente em três em frentes distintas: ordenador do processo de industrialização; financiador dos grandes projetos de investimento; e produtor de insumos necessários à industrialização, dentre os quais a energia, onde a opção pela expansão da oferta interna do petróleo e seus derivados e da energia hidrelétrica merecem destaque (CALABI, et al., 1983).

¹³ Embora o Plano de Metas (Juscelino Kubitschek 1956-1961) seja considerado a primeira experiência brasileira em planejamento econômico, anos antes algumas missões norte-americanas produziram em parceria com os governos brasileiros documentos que, embora não oficiais, serviram de instrumentos para a elaboração de estratégias nas mais diversas frentes pelo governo brasileiro. Foram os casos da Missão Cooke (1942), Missão Abink (1949) e a Comissão Mista Brasil-EUA (1951).

3.1.1 O início da indústria brasileira de petróleo

O aumento da participação relativa do petróleo e seus derivados na OIE a partir da década de 1940 ocorreu no âmbito da implementação da política de industrialização por substituição de importações iniciada naquela época, cujo sucesso dependia de uma base energética adequada, do ponto de vista da oferta e da segurança no abastecimento.

Com o avanço do processo de industrialização e o consequente aumento do consumo de petróleo e derivados, ficava claro que a ausência de uma indústria de petróleo nacional que pudesse atender parte da crescente demanda constituía-se num ponto de vulnerabilidade do país devido ao peso da energia importada na balança comercial.

Essa questão intensificou o processo de pesquisa para a ampliação da extração e refino do petróleo internamente, conduzindo ao debate sobre o desenvolvimento de uma indústria petrolífera nacional e que terá no slogan “O petróleo é nosso” o seu símbolo marcante (PINTO JR. et al., 2007).

Neste cenário foi criada, em outubro de 1953, a Petrobrás, empresa de economia mista com o controle acionário do governo federal. Além disso, declarou-se o monopólio da União sobre toda a cadeia petrolífera, excetuando-se a distribuição.

Ao longo dos anos a Petrobrás, que iniciou suas operações em 1954 ao herdar do Conselho Nacional de Petróleo as refinarias de Mataripe (BA) e Cubatão (SP), iria se constituir num importante instrumento de política energética do governo para a consolidação do petróleo como a principal fonte de energia primária do país. Pode-se, inclusive, afirmar que a história da evolução deste tipo de energia no Brasil se confunde com a da própria empresa estatal.

Além da extração, o debate em torno da necessidade de nacionalizar o refino do petróleo também alimentava as discussões da época. A percepção geral era de que o domínio deste procedimento seria a peça chave para o financiamento das atividades de pesquisa, exploração e produção do óleo (SILVA, 1985).

Pinto Jr. et al. (2007) destacam que a extensão da atividade monopolista da Petrobrás às importações, ocorrida em dezembro de 1963, reforçou o poder de negociação do Brasil e da estatal frente ao cartel internacional, permitindo implementar no país uma política unificada de transportes, em virtude das condições favoráveis dos preços do petróleo.

Além da elevação da demanda no setor de transportes, o emprego em outras atividades, como na mecanização agrícola e em alguns setores industriais, como os de cimento, siderurgia, petroquímica, cerâmica e refinaria contribuíram para o aumento considerável do consumo de petróleo e derivados nas primeiras décadas da industrialização brasileira (CALABI, et al., 1981).

Como destacado na tabela 3, o aumento da demanda por petróleo, sobretudo a partir da década de 1950, ocorreu inicialmente por meio da elevação do quantum importado deste energético. De fato, a partir da segunda metade daquela década, as importações se elevaram de maneira considerável, partindo de 164 mil metros cúbicos para 4.052 mil metros cúbicos de petróleo bruto no espaço de um ano (1954-1955). Este aumento reflete a principal etapa da industrialização brasileira, cujos alicerces iriam se solidificar um ano depois, com o início do governo de Juscelino Kubitschek (1956-1961).

Tabela 3 – Evolução da Extração e Importação de Petróleo Bruto – Brasil – 1940 a 1973

Em 1000 m ³							
Ano	Extração	Importação	Consumo Aparente (1)	Ano	Extração	Importação	Consumo Aparente (1)
1940	—	57	57	1957	1 607	5 590	7 197
1941	—	53	53	1958	3 009	6 520	8 209
1942	5	13	18	1959	3 751	6 623	8 681
1943	7	42	49	1960	4 708	6 556	10 586
1944	10	21	31	1961	5 534	8 707	13 027
1945	12	12	24	1962	5 313	11 489	16 459
1946	10	42	52	1963	5 680	11 966	17 231
1947	15	10	25	1964	5 296	12 461	17 757
1948	22	—	22	1965	5 460	11 819	17 279
1949	17	—	17	1966	6 749	13 059	19 808
1950	52	13	65	1967	8 509	12 179	20 688
1951	110	23	133	1968	9 346	14 446	23 792
1952	119	20	139	1969	10 023	15 422	25 445
1953	146	35	181	1970	9 534	18 220	27 675
1954	158	164	322	1971	9 896	21 604	30 500
1955	321	4 052	4 373	1972	9 724	26 460	34 986
1956	645	5 639	6 284	1973	9 876	37 037	45 804

Fonte: Estatísticas do Século XX – IBGE

O consumo aparente é encontrado somando-se as quantidades extraídas (produção interna) e importadas.

Pela tabela 3 é possível verificar a evolução da extração (produção de petróleo) em terras nacionais. No ano de criação da

Petrobrás, 1953, produziu-se internamente cerca de 150 mil metros cúbicos de petróleo bruto. Com a maturação dos primeiros investimentos e pesquisas realizadas pela estatal, o Brasil chegava ao ano de 1960 com uma produção interna da ordem de 4.700 mil metros cúbicos de petróleo, o que correspondeu a uma elevação superior a 3000% entre 1953 e o início da década de 1960.

Muito embora a Petrobrás apresentasse resultados satisfatórios no âmbito não só da exploração, mas também no refino e produção de derivados, sua atuação não foi suficiente para conter o aumento da dependência externa do país em relação ao petróleo, relação esta que não se fazia tão crítica em virtude dos baixos preços do petróleo, praticado até o ano de 1973.

Tomando-se como base o ano de 1953, as importações respondiam por aproximadamente 18% do consumo aparente. No entanto, as reformas estruturais implementadas na economia brasileira ao longo das décadas de 1950 e 1960 fizeram com que mais de 80% do consumo aparente de petróleo no ano de 1973 fosse atendido pelas importações do energético, isto é, no ano do primeiro choque do petróleo o Brasil encontrava-se em posição extremamente vulnerável aos movimentos do mercado internacional desta commodity. O gráfico 3 ilustra a evolução desta dependência.

Gráfico 3 - Dependência Externa de Petróleo

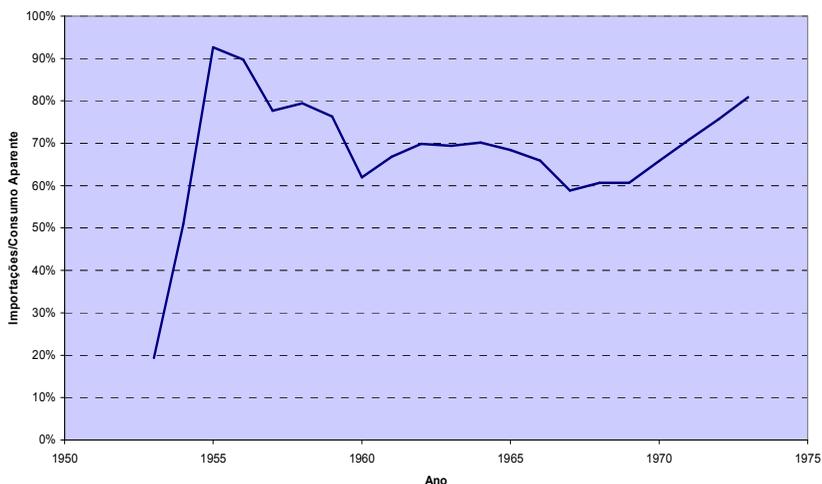


Gráfico 3 – dependência Externa de petróleo
Fonte: BEN (2008)

3.1.2 A indústria de energia elétrica no Brasil: os primeiros passos

A história da indústria da energia elétrica no país iniciou-se no ano de 1879 com a concessão feita por Dom Pedro II ao norte americano Thomas Edison, cujo objetivo era viabilizar a utilização de eletricidade na iluminação pública. Ainda no período imperial o Brasil inaugurou sua primeira usina hidrelétrica, localizada no Ribeirão do Inferno, nas proximidades da cidade de Diamantina/MG (ELETROBRÁS, 2010).

Nas primeiras quatro décadas do século XX, o setor elétrico foi marcado pela criação de uma série de inovações institucionais e legislativas que constituiu os primeiros alicerces da expansão da energia elétrica, verificada a partir da década de 1950.

Dentre os acontecimentos daquele período merecem destaque a criação de empresas concessionárias no setor, sobretudo de origem estrangeira; a aprovação da primeira lei disciplinadora do uso de energia elétrica no país (1903); o início da operação da usina hidrelétrica de Fontes Velhas, na época uma das maiores do mundo; a promulgação do Código de Águas, assinada pelo Presidente Getúlio Vargas e que dotava o Estado de um maior poder fiscalizador e planejador no setor elétrico; a criação do Conselho Nacional de Águas e Energia (CNAE) e a criação, em 1945, da Companhia Hidroelétrica do São Francisco (CHESF), primeira empresa de eletricidade no âmbito federal (MEMÓRIAS DA ELETRICIDADE, 2010).

As primeiras iniciativas de desenvolvimento da indústria elétrica no Brasil surtiram efeitos notáveis na capacidade instalada do país. Conforme tabela 4, a evolução da potência instalada das usinas de energia elétrica se elevou de 10 Mw, em 1900, para mais de 1300 Mw, em 1945, com o aproveitamento do potencial hidrelétrico do país respondendo por 80% desta expansão. Com isso, ficou claro o início do setor, que iria se notabilizar pelo emprego de seus recursos hidráulicos na geração deste tipo de energia.

Tabela 4 - Potência Instalada nas usinas de Energia Elétrica - Brasil 1900 a 1945

			Em Mw
Ano	Total	Hidráulica	Térmica
1900	10	5	5
1910	157	124	33
1920	367	301	66
1930	779	630	149
1940	1 244	1 009	235
1941	1 261	1 019	242
1942	1 308	1 061	247
1943	1 315	1 067	248
1944	1 334	1 077	257
1945	1 342	1 080	262

Fonte: IBGE.

Assim como o petróleo e seus derivados apresentavam um demanda crescente, o novo modelo de desenvolvimento brasileiro também requeria uma oferta adequada de energia elétrica que atendesse o aumento da atividade industrial e a urbanização acelerada do país (La Rovere, 1985). A redução do emprego da lenha e do carvão vegetal, em detrimento de um maior consumo da energia elétrica nas três primeiras décadas da industrialização brasileira (1940, 1950 e 1960) confirmava esta percepção (CALABI, et al., 1981).

O incremento do consumo de energia elétrica foi viabilizado pela expansão da geração elétrica, sobretudo a de origem hidrelétrica, promovida pela ação governamental que pautou suas políticas a partir de dois eixos básicos: o primeiro relacionado à crescente demanda de energia elétrica do setor industrial brasileiro e o segundo associado ao exercício do poder regulador e a formulação de um planejamento para o setor, onde os investimentos estatais foram essenciais.

Neste último eixo destacou-se a variedade de experiências regionais de planejamento energético, como nos casos do Rio Grande do Sul, Minas Gerais e São Paulo, que contribuíram para a formulação de um planejamento nacional, consubstanciado com a criação da Eletrobrás no ano de 1961. O início das operações da empresa, em 1962, iria marcar o aprofundamento do poder estatal na coordenação e execução da política energética para o país, que atingiria seu ápice na década

seguinte, para então iniciar um processo de declínio (PINTO JR. et al., 2007).

1952	- Criação do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico (BNDE), para atuação na área de infraestrutura
1954	- Início de operação da Usina Hidrelétrica de Paulo Afonso I, construída no Rio São Francisco; - Início da operação da Usina Termelétrica de Piratininga, primeira termelétrica de grande porte do Brasil.
1956	- Criada a Escelsa, empresa responsável pelo planejamento energético do estado do Espírito Santo.
1957	- Criação da Central Elétrica de Furnas S.A.
1960	- Criação do Ministério das Minas e Energia-MME
1961	- Criação da Eletrobrás, que coordenaria o setor de energia elétrica do país.
1962	- Formação, pelo Banco Mundial, do Consórcio Canambra, cujo objetivo era realizar um estudo dos potenciais hidrelétrico e do mercado de energia elétrica da Região Sudeste do Brasil.
1963	- Início das operações da Usina hidrelétrica de Furnas.
1965	- Criação do Departamento Nacional de Águas e Energia; - Início da operação da Usina Termelétrica Jorge Lacerda I.
1968	- Criação das Centrais Elétricas do Sul do Brasil S.A. – ELETROSUL, subsidiária da Eletrobrás; - Início das operações da Usina Termelétrica Santa Cruz, maior do país; - Criado o Comitê Coordenador de Estudos Energéticos da Amazônia – ENERAM, para a supervisão dos estudos hidroenergéticos daquela região do país.
1969	- Início das operações da Usina Hidrelétrica do Funil.
1973	- Criada a Itaipu Binacional, fruto de tratado firmado entre Brasil e Paraguai; - Criada a Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. – ELETRONORTE; - Criação da Empresas Nucleares Brasileira – NUCLEBRÁS; - Criado o Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPEL.

Quadro 2- Cronologia dos fatos e ações governamentais no setor elétrico nas décadas de 1950, 1960 e início de 1970.

Fonte: Memórias da Eletricidade (2010).

O quadro 2 apresenta as principais medidas implementadas no âmbito do setor elétrico durante as décadas de 1950, 1960 e início dos anos de 1970.

Essas iniciativas fizeram com que o governo lograsse êxito na implantação do parque elétrico nacional, neutralizando o temor de que o setor pudesse se tornar em obstáculo à industrialização da economia brasileira.

A tabela 5 apresenta a evolução da produção e do consumo de energia elétrica no país no período compreendido entre os anos de 1955 e 1972.

Tabela 5 - Produção e consumo de energia elétrica - 1955 -72

Em GWh						
ANOS	Produção (1)			Consumo (1)		
	Total	Hidráulica	Térmica	Total	Industrial	Não industrial
1955	13.655	10.759	2.896	11.289	ND	ND
1956	15.447	12.497	2.950	12.634	ND	ND
1957	16.963	13.520	3.443	14.083	ND	ND
1958	19.766	15.950	3.816	16.077	ND	ND
1959	21.108	16.485	4.623	17.162	ND	ND
1960	22.865	18.384	4.481	18.346	9.174	9.172
1961	24.405	18.946	5.459	19.630	9.941	9.689
1962	27.158	20.662	6.496	21.857	11.269	10.588
1963	27.869	20.728	7.141	22.618	11.555	11.063
1964	29.094	22.097	6.997	23.521	11.958	11.563
1965	30.128	25.515	4.613	24.268	12.108	12.160
1966	32.654	27.906	4.748	26.494	13.596	12.898
1967	34.238	29.189	5.049	27.988	13.861	14.127
1968	38.181	30.550	7.631	31.399	16.116	15.283
1969	41.648	32.692	8.956	34.201	17.266	16.935
1970	45.460	39.863	5.597	37.673	19.345	18.328
1971	50.988	43.274	7.714	42.487	22.094	20.393
1972	56.295	50.777	5.518	47.374	25.024	22.350

Fonte: IBGE.

Pode-se perceber que entre os anos de 1955 e 1972 o consumo total de energia elétrica praticamente triplicou, saltando de 11.200 GWh em 1955 para 47.300 GWh em 1972.

Tomando-se como base os anos de 1960 e 1972, período em que as estatísticas de consumo passam a ser desagregadas em termos de consumo industrial e não industrial, é possível perceber que o setor industrial foi responsável por 54% do aumento do consumo de eletricidade do período, com as indústrias metalúrgicas, químicas e siderúrgicas sendo as principais consumidoras. No consumo não industrial, o incremento explica-se pelo crescimento da urbanização do país, que implicou um aumento da utilização da eletricidade por parte das famílias, cada vez mais demandando energia no uso de seus aparelhos eletrodomésticos (LEITE, 1987).

O aumento do consumo foi amplamente atendido pela produção de energia elétrica no país, cujo total aumentou de 13.655 GWh em 1955 para mais de 56.000 GWh em 1972. Esta elevação da produção foi conseguida, principalmente, em virtude da energia hidrelétrica, cuja produção elevou-se em mais de 40.000 GWh entre os anos de 1955 e 1972. Em termos relativos isso significou um aumento maior do que o da própria produção total de energia elétrica do país, indicando o sucesso das medidas implementadas ao longo daqueles anos destinadas ao aproveitamento do potencial hidrelétrico do país.

3.2 AS CRISES ENERGÉTICAS DA DÉCADA 1970 E SEUS DESDOBRAMENTOS SOBRE A MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA.

A partir do ano de 1973, o cenário favorável que envolvia a economia mundial e brasileira sofreu um forte revés. A elevação dos preços do barril de petróleo promovida pela Organização dos Países Exportadores de Petróleo – OPEP acertou um dos alicerces fundamentais das matrizes energéticas dos países, qual seja, a energia oriunda do petróleo e seus derivados.

Como se observa na tabela 6, o preço médio do barril de petróleo saltou quase 300% entre 1973 e 1974. Essa elevação, caracterizada como o primeiro choque do petróleo, trouxe profundas consequências à economia mundial e à economia brasileira, em particular, uma vez que boa parte de sua estrutura produtiva estava baseada neste combustível fóssil.

Tabela 6 - Evolução do preço de petróleo exportado pela OPEP

Ano	Preço Médio OPEP (US\$/Barril)	Índice Real de Preço
1972	2,14	100
1973	2,85	125
1974	11,27	453
1975	10,93	401
1976	11,74	409
1977	13,25	436
1978	13,02	400
1979	18,2	513
1980	30,13	776

Fonte: Fundo Monetário Internacional (FMI)

No âmbito internacional, os países da OCDE passaram a enfrentar sérias restrições para manter o nível de atividade econômica prévio à crise. Como destaca Calabi, et al. (1983), a situação agravou-se não só pela elevação dos preços, mas pela incapacidade das nações industrializadas em diminuir o consumo desta fonte de energia.

3.2.1 O Brasil diante do primeiro choque do petróleo

No Brasil, que em 1973 importava cerca de 80% do petróleo consumido internamente, a elevação dos preços provocou uma rápida degradação da balança comercial, fazendo com que a conta de importação saltasse de US\$ 6,2 bilhões em 1973 para US\$ 12,6 bilhões em 1974. A tabela 7 apresenta a evolução das exportações, importações, saldo comercial e o PIB entre os anos de 1970 e 1979.

Tabela 7 - Evolução das Exportações, Importações e Saldo Comercial - 1970 a 1979

Em FOB US\$ bi				
Ano	Exportações	Importações	Saldo Comercial	PIB
1970	2,7	2,5	0,2	42,6
1971	2,9	3,2	-0,3	49,2
1972	4,0	4,2	-0,2	58,8
1973	6,2	6,2	0,0	84,1
1974	8,0	12,6	-4,7	110,4
1975	8,7	12,2	-3,5	129,9
1976	10,1	12,4	-2,3	154,0
1977	12,1	12,0	0,1	177,2
1978	12,7	13,7	-1,0	201,2
1979	15,2	18,1	-2,8	223,5

Fonte: SECEX/MDIC.

Pode-se observar que entre os anos de 1973 e 1974 houve uma elevada deterioração do saldo comercial, decorrente da abrupta elevação do valor das importações provocada pela alta do preço do petróleo. A relação Importações/PIB, que era de 7,3% em 1973, passou para 11,4% em 1974, um aumento superior a 50%. Por conta da elevação geral dos preços desencadeada pela alta do petróleo, a receita oriunda das exportações também aumentou, mas não na magnitude suficiente para equilibrar a balança comercial brasileira.

Como destaca Galvêas (1985), essa deterioração provocou uma radical transformação do quadro amplamente favorável que a economia brasileira vinha apresentando até então, uma vez que obrigou o país a manter sua trajetória de crescimento econômico através de um crescente endividamento externo para equilibrar seu balanço de pagamentos. Esta elevação da dívida externa, possibilitada pelos baixos juros praticados ao longo da década de 70, será um importante foco de desequilíbrio macroeconômico no início da década de 80, com o aumento das taxas de juros.

A alteração do preço do petróleo também modificou a participação relativa da pauta de importações brasileiras, considerando-se o valor importado. Conforme destacado na tabela 8, a participação dos combustíveis (petróleo e derivados), que em 1973 ocupava a terceira

posição na pauta com 15% do valor total importado, passou a ocupar a liderança em 1974, representando 24% da despesa de importações. Isto significa dizer que aproximadamente 25% das importações brasileiras daquele ano foram destinadas exclusivamente ao suprimento das necessidades energéticas do país oriundas da commodity petróleo.

Tabela 8 - Principais componentes da pauta de importação 1973/1974

Em %			
Ano	Máquinas	Produtos Químicos	Combustíveis
1973	0,26	0,16	0,15
1974	0,19	0,13	0,24

Fonte: SECEX/MDIC

No entanto, essa restrição financeira não impediu que o consumo do petróleo continuasse a se expandir nos anos seguintes, ao contrário, o que se verificou na década de 1970 foi o aprofundamento da dependência da economia brasileira em relação ao consumo e às importações daquele mineral, como pode ser observado na tabela 9.

Tabela 9 - Importação Brasileira de Petróleo Bruto

Ano	Preço médio - US\$ por barril - FOB	Volume físico importado (1.000 barris/dia)	Valor em US\$ milhões	Participação do petróleo no total das import. (%)
1972	2,05	458,6	343,9	8,1
1973	2,54	652,8	605,8	9,8
1974	10,53	665,4	2.558,1	20,2
1975	10,53	703,5	2.704,1	22,2
1976	11,27	815,1	3.353,9	27,1
1977	12,11	815,0	3.602,4	30
1978	12,23	909,7	4.063,7	29,7
1979	16,83	1.019,7	6.203,7	34,6
1980	28,98	836,0	9.372,4	40,8
1981	34,43	843,7	10.406,0	48
1982	32,98	794,9	9.567,6	49,3

Fonte: Galvêas (1985)

Da tabela 9 percebe-se que houve um aumento não só das despesas, mas também do quantum importado que apresentou uma trajetória crescente ao longo da década de 1970 e chegou a ultrapassar um milhão de barris de petróleo/dia em 1979, ano que registrou o segundo choque de preços do petróleo.

Também merece destaque o aumento da participação das importações do energético no agregado geral do país, que aumentou mais do que o dobro entre os anos de 1974 e 1982, o que explicita a extrema dependência que a economia brasileira possuía em relação a essa fonte de energia.

O gráfico 4 retrata a dimensão exata de quão importante eram as importações no consumo total de petróleo do país durante a década de 1970. Nele é possível observar que a produção interna do óleo praticamente manteve-se estável, em torno da média de 10 milhões de metros cúbicos. Já as importações passaram de 28 para 50,5 milhões de metros cúbicos entre o início e o final da mesma década.

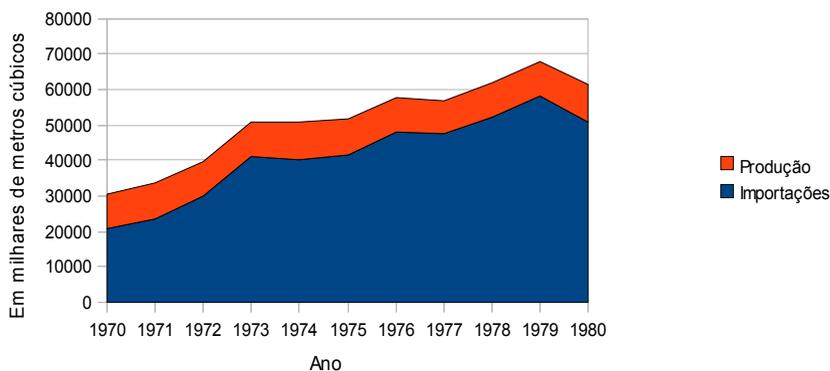


Gráfico 4 – Evolução Petróleo: Produção Interna & Importação 1970 a 1980
Fonte: BEN, 2008.

3.2.2 As respostas do Brasil ao primeiro choque do petróleo

A estratégia brasileira de combate aos efeitos do primeiro choque de petróleo deve ser analisada à luz da conjuntura política e econômica que o país vivia no início dos anos de 1970. O chamado *Milagre Econômico* (1968-1973) já indicava sinais de esgotamento, em

meados no de 1973, quando o primeiro choque de petróleo surge para ameaçar ainda mais a expansão econômica do país.

Essa perspectiva, aliada a um cenário favorável de financiamento externo, fez com que o governo brasileiro, ao lançar o II Plano Nacional de Desenvolvimento (PND), optasse pela elevação das taxas de crescimento através de uma estratégia que combinava crescente endividamento externo com um processo de substituição de importações pautado no desenvolvimento das indústrias de bens de capital e insumos básicos (GALVÊAS, 1985).

A opção do II PND de escolher uma política de financiamento externo para os pesados investimentos que ocorreram ao longo da segunda metade da década de 1970 em detrimento de uma política de ajustamento à nova realidade econômica nacional e mundial seria posteriormente conhecida com a estratégia da “marcha forçada” (CASTRO; SOUZA, 1985).

A mudança na estrutura industrial derivada do II PND ocorreu, basicamente, nos setores de metais não ferrosos, produtos químicos, papel e celulose, fertilizantes e produtos siderúrgicos, setores, em sua maioria, energointensivos e que demandariam uma expansão crescente da oferta de energia para atendê-los. Outro aspecto econômico que essa substituição de importações proporcionaria ao país seria a economia de parte divisas necessárias ao pagamento de das importações de petróleo (CALABI, et al., 1983).

No plano energético, que recebeu 40,7% dos investimentos totais destinados à infraestrutura do II PND, as ações destinavam-se aos setores de petróleo, energia elétrica e à produção em larga escala do álcool.

No setor petrolífero as principais medidas no âmbito do governo federal foram a abertura de contratos de risco para pesquisa e prospecção de petróleo em território nacional, por parte de empresas estrangeiras. No entanto, esta medida deu poucos resultados até 1979. Até o ano de 1978 os investimentos da Petrobrás em exploração e produção permaneceram bastante baixos, cerca de 28% dos investimentos totais da Estatal. Essa tendência contrastava com os investimentos da década de 1960, que giravam em torno de 50% dos investimentos totais da empresa. Esse baixo nível de investimento era fruto da opção pela importação do energético, que foi a tônica do setor até o segundo choque do petróleo.

Puxado pelo setor industrial, o consumo de energia elétrica praticamente triplicou ao longo da década de 1970, saltando de 3,8 milhões de tep em 1971 para 10,5 milhões de tep em 1980.

Considerando esse aspecto, as ações do II PND foram no sentido de consolidar a expansão da potência instalada, iniciada ainda na década de 1960. Dentre as iniciativas do II PND para o setor encontram-se o início das obras da Usina de Tucuruí, no rio Tocantins; o início do programa nuclear brasileiro, fruto de um acordo firmado com a Alemanha; e a instalação de usinas hidrelétricas de menor porte administradas pelas diversas subsidiárias da Eletrobrás, como as usinas de Itumbiara (Furnas), Paulo Afonso IV (Chesf) e Salto Santiago (ELETROSUL) (ELETROBRÁS, 2010).

O II PND ainda ficaria marcado pela implementação do Programa Nacional do Álcool - Proálcool, cujo objetivo era produzir o álcool anidro para mistura com a gasolina, que na época representava 24% do consumo nacional de derivados de petróleo.

O Proálcool, criado em 1975, possuía como meta atingir a produção de 4 bilhões de litros/ano até o final do mandato do Presidente Geisel (1974-1979), número que foi praticamente atingindo em dezembro de 1978, quando a produção chegou aos 3,8 bilhões de litros, um salto de mais de 450% em relação aos 800 milhões de litros que eram produzidos no ano de sua criação (MELO; FONSECA, 1981).

3.2.3 O segundo choque do petróleo

Logo após a primeira elevação dos preços do petróleo, os primeiros sinais da reestruturação da economia brasileira impostos pelo II PND começavam a surgir. Entre os anos de 1973 e 1978 a produtividade industrial havia crescido a taxas superiores as do PIB total da economia. Os setores alvo da substituição de importações registravam progressos consideráveis: a produção de aço em lingotes, alumínio, petroquímicos básicos, cimento e celulose cresceram 44%, 78%, 117%, 72% e 44% respectivamente entre os anos acima citados (GALVÊAS, 1985).

No entanto, esse quadro de relativo equilíbrio se alterou bruscamente a partir do ano de 1979 quando a OPEP elevou, novamente, os preços do petróleo. Os aumentos, ocorridos nos meses de abril (9,1%), junho (23,8%) e outubro (33,3%) daquele ano fizeram com que o preço do insumo saltasse de US\$ 12,70 em fins de 1978 para US\$ 24,00 no final de 1979.

A economia brasileira que ainda se encontrava extremamente vulnerável às importações do petróleo, conforme pode ser observado na

tabela 9, sentiria o impacto que desta vez seria agravado pelo “choque de juros” imposto pelo Banco Central norte-americano, em outubro de 1979, que via nessa medida uma forma de conter a depreciação do dólar americano ocorrida desde o fim de sua vinculação ao ouro, ocorrida em 1971 (BELLUZZO, 2005).

O segundo choque do petróleo fez com que o período também ficasse marcado pela implementação de outras medidas no plano energético, como a criação da Comissão Nacional de Energia e a elaboração do Modelo Energético Brasileiro, documento este que previa a estabilização da importação do petróleo até 1985; a substituição de parte do óleo combustível pelo carvão mineral; e a expansão da produção interna de petróleo.

3.2.4 A situação da matriz energética brasileira ao final da década de 1970.

As bruscas variações do preço do petróleo e as políticas econômicas ao longo da década de 1970 trouxeram mudanças qualitativas e quantitativas de porte considerável para a MEB, as quais são apresentadas nas tabelas a seguir.

A tabela 10 revela que houve um aumento de 36% no total da Oferta Interna de Energia entre os anos de 1973 e 1979, um pouco abaixo do crescimento do PIB no mesmo período, que se elevou em 47%.

Tabela 10 - Oferta Interna de Energia 1973-1979

	Em %	
	1973	1979
Energia não renovável	49,1	56,1
Petróleo e Derivados	45,6	50,4
Gás natural	0,4	0,9
Carvão Mineral e Derivados	3,1	4,8
Urânio (U308) e derivados	0,0	0,0
Energia renovável	50,9	43,9
Hidráulica e eletricidade	6,1	8,9
Lenha e carvão vegetal	38,8	27,0
Derivados da cana-de-açúcar	5,6	7,3
Outras renováveis	0,4	0,7
Total (em %)	100	100
Total (em 10³ tep)	82.157	112.363

Fonte: BEM, 2008.

Derivada da opção feita pelo II PND de manter o crescimento econômico brasileiro ao longo da década de 1970, a OIE apresentou algumas mudanças qualitativas em sua composição. A primeira dessas mudanças consiste no fato de que as energias não renováveis passaram a predominar na OIE, saltando de 49,1% em 1973 para 56,1% em 1979. Esta maior participação dos não renováveis explica-se pela maior participação relativa do petróleo e seus derivados, cujo aumento de consumo foi sustentado pelas importações. Também merece destaque o

aumento da participação do carvão mineral, insumo energético para o setor metalúrgico e que foi alvo de ações governamentais destinadas a incrementar sua extração, sobretudo das minas localizadas no estado de Santa Catarina.

Não obstante a redução da participação das fontes renováveis, o período 1973-1979 marcou a expansão da oferta de hidroeletricidade, que se elevou 45% entre aqueles anos, assim como o álcool, cujo aumento de produção já começava a refletir na maior participação dos derivados da cana-de-açúcar, que aumentou cerca de 30% no mesmo período. A perda da liderança das energias renováveis explica-se pela redução de 30% na oferta de lenha e carvão vegetal, uma situação esperada, haja vista que o crescimento industrial e urbano da economia brasileira naqueles anos deslocou o consumo energético para outros tipos de energia.

Entre os anos de 1973 e 1979 o consumo final de energia cresceu 35,8%, um volume semelhante ao crescimento da oferta interna no mesmo período, o que permite concluir que as perdas energéticas decorrentes dos processos de transformação, transporte e distribuição mantiveram-se constantes ao longo daquele anos, a uma média de 8% do total da OIE.

Da tabela 11 é possível perceber que houve algumas alterações significativas no perfil do consumo setorial. A participação do setor residencial decresceu de 29,3% para 20,2% no consumo final de energia ao passo que o setor industrial aumentou de 29,8% para 34%. Este aumento do consumo industrial reflete os efeitos da substituição de importações do II PND, que focou em indústrias de bens de capital e insumos básicos.

Mesmo com as duas do petróleo daquela década, a estrutura de consumo do setor de transportes manteve-se praticamente intacta, com o transporte rodoviário predominando frente aos demais modais. Esse perfil de consumo denota que o período trouxe poucas mudanças para a estrutura logística do país, mantendo a opção pelo “rodoviarismo” das décadas anteriores.

A partir do final da década de 1970, os dois principais consumidores de energia do país passaram a ser os setores de transporte e indústria, que, juntos, responderam por 60,1% de todo o consumo energético do país, fato que permanece até os dias atuais, conforme será discutido na subseção 3.4.4.

Tabela 11 – Consumo Final de Energia 1973-1979

	1973	1979
Consumo Final (Em 10³ tep)	76.310	103.644
Consumo Final (Em %)	100	100
1- Consumo Final Não Energético	3,1	6,0
2 - Consumo Final Energético	96,9	94,0
2.1 - Setor Energético	3,3	5,7
2.2 - Setor Residencial	29,3	20,2
2.3 - Setor Comercial	1,4	1,6
2.4 - Setor Público	0,9	1,0
2.5 - Setor Agropecuário	7,1	5,4
2.6 - Setor de Transportes (Total)	25,0	26,0
2.6.1 - Subsetor Rodoviário	21,6	21,7
2.6.2 - Subsetor Ferroviário	0,7	0,6
2.6.3 - Subsetor Aéreo	1,4	1,7
2.6.4 - Subsetor Hidroviário	1,3	2,0
2.7 - Setor Industrial (Total)	29,8	34,1
2.7.1 - Cimento	2,3	2,7
2.7.2 - Ferro gusa e Aço	5,5	8,0
2.7.3 - Ferro-ligas	0,2	0,4
2.7.4 - Mineração e pelotização	0,6	1,1
2.7.5 - Não ferrosos e outros metais	1,0	1,6
2.7.6 - Química	2,5	3,2
2.7.7 - Alimentos	9,0	7,3
2.7.8 – Têxtil	1,2	1,1
2.7.9 - Papel e celulose	1,7	2,3
2.7.10 - Cerâmica	2,5	2,3
2.7.11 - Outros	3,4	4,1

Fonte: BEN, 2008.

3.3 A MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA E A “DÉCADA PERDIDA”

Com o advento de dois choques externos, aumento do preço do petróleo e elevação das taxas de juros internacionais, o começo da década de 1980 trouxe dificuldades para a economia brasileira, conduzindo-a para uma recessão que duraria até 1984.

O modelo de desenvolvimento baseado na elevação do endividamento externo começou a dar sinais de esgotamento à medida que as taxas de juros internacionais se elevavam e incrementavam o envio de recursos para o exterior para o pagamento dos serviços da dívida. No plano interno, a inflação começava a dar sinais de aceleração, apesar das políticas de controle da demanda agregada que o governo vinha implementando desde 1976 (HERMANN, 2005).

A tabela 12 apresenta alguns indicadores do período, que fornecem uma noção de como a economia brasileira evoluiu no começo da década de 80.

Tabela 12 – Indicadores Macroeconômicos – 1978 – 1984

	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
Varição do PIB (% a.a.)	5,00	6,80	9,20	-4,30	0,80	-2,90	5,40
Inflação (IGP - % a.a.)	40,80	77,20	110,20	95,20	99,70	211,00	223,90
Saldo em Transações Correntes (US\$ milhões)	-6.983	-10.708	-12.739	-11.706	-16.273	-6.773	95
Balança Comercial (US\$ milhões)	-1.024	-2.839	-2.823	1.202	780	6.470	13.090
Balança de Serviços (US\$ milhões)	-6.030	-7.880	-10.059	-13.094	-17.039	-13.354	-13.156
Varição FBCF (%)	3,10	4,70	8,40	-12,10	-6,80	-16,30	-0,20
Petróleo – Preço médio anual (US\$/barril)	12,70	29,82	35,70	34,03	31,54	29,46	28,54
Taxa de Juros Básicos – EUA (% a.a.)	9,05667	12,6658	15,2658	18,87	14,8608	10,7942	12,0425

Fonte: IBGE e IPEADATA.

Com relação à variação do PIB, a conjugação dos eventos externos negativos se fez sentir no triênio 1981-1983, quando a economia brasileira passou por um período de “estagnação” isto é, experimentou taxas negativas de crescimento ao mesmo tempo em que um surto inflacionário começava a minar o valor da moeda brasileira. O decréscimo do PIB pode ser explicado por uma conjunção de fatores, externos e internos, que vão desde a redução das linhas de financiamento externo provocadas pela crise mexicana de 1981 até as medidas locais de contenção da demanda agregada, que visavam estabilizar e reduzir a inflação brasileira.

Entre os anos de 1978 e 1982, o saldo de transações correntes continuou apresentando a tendência de deterioração dos anos anteriores, sendo agora agravado pelo aumento do déficit da balança de serviços, fato explicado pela elevação do pagamento de juros da dívida externa. No entanto, a partir de 1981, a balança comercial começa a apresentar uma reversão de seu quadro, passando a se tornar superavitária. Isso se explica pela associação de diversos fatores, que vão desde a chamada maturação dos investimentos do II PND, que propiciaram uma redução das despesas de importações com insumos básicos e bens intermediários, assim como um aumento das receitas de exportações (CASTRO; SOUZA, 1985).

A redução da dependência da importação de petróleo, possibilitada pela maior produção nacional do insumo, também beneficiou a balança comercial, levando o saldo de transações correntes a uma condição de superávit a partir de 1984, embora o problema do serviço da dívida persistisse.

Com relação à formação bruta de capital fixo (FBCF), percebe-se que houve um decréscimo entre 1981 e 1984, o que reflete a perda da vitalidade da capacidade de investimento do país no período.

Os dois últimos itens da tabela 12 retratam a elevação do preço do barril do petróleo e da taxa de juros respectivamente. No caso do petróleo essa elevação chegou a atingir mais de 180% entre os anos de 1979 e 1981, para depois assumir uma trajetória descendente. Já a taxa básica de juros norte-americana apresentou dois sobressaltos entre 1978 e 1981 que ocasionaram uma elevação superior a 100% neste período.

A partir do ano de 1984, a melhora nas contas externas, o aumento da liquidez internacional, e a retomada do crescimento do PIB indicava que o país poderia retomar o caminho do crescimento econômico. No entanto, as elevadas taxas de inflação persistiram ao longo de toda a década de 1980, limitando a agenda econômica brasileira do período, basicamente, à busca de causas e soluções para o

equacionamento da questão. Essa busca foi materializada nos três planos de estabilização da segunda metade daquela década (plano Cruzado, Bresser e Verão). Estes planos, todavia, não obtiveram sucesso em neutralizar o problema inflacionário, que acabou sendo a tônica de todo aquele período (CASTRO, 2005).

3.3.1 O contrachoque do petróleo e o aumento da produção nacional

Após o segundo choque do petróleo, em 1979, o preço do barril de petróleo atingiu um pico de US\$ 35,70 em 1980 e na sequência iniciou um declínio que chegou no ano de 1986 ao seu valor mínimo (a US\$ 14,16 o barril). Esta redução foi provocada por dois movimentos básicos: o primeiro relacionado às políticas mais severas implementadas pelos países importadores no sentido de aumentar a conservação de energia e de buscar substitutos para o petróleo, o que deprimiu, em termos relativos, a demanda pelo insumo na década de 1980.

Por outro lado, a redução dos preços derivou-se da dificuldade da OPEP em definir estratégias conjuntas de seus países membros para a máxima exploração da condição de cartel (PINTO JR. et al., 2007).

Adicionalmente, a década de 1980 assistiu uma redução absoluta na quantidade de petróleo importado simultaneamente a um incremento da produção interna, contribuindo para a redução da vulnerabilidade externa que o país possuía em relação ao petróleo. A tabela 13 expõe estas variações, bem como a oscilação do preço do barril do petróleo.

Tabela 13 – Indicadores do Petróleo – 1980 -1990

	Preço médio (US\$/barril)	Produção nacional - m ³ (mil)	Importação- m ³ (mil)	Produção Álcool – m ³ (mil)
1980	35,70	10.562	50.564	3.676
1981	34,03	12.384	49.026	4.207
1982	31,54	15.080	46.291	5.618
1983	29,46	19.141	42.321	7.951
1984	28,54	26.839	37.791	9.201
1985	27,37	31.710	31.629	11.563
1986	14,17	33.200	34.872	9.983
1987	18,19	32.829	35.882	12.340
1988	14,76	32.237	37.165	11.523
1989	17,9	34.543	34.336	11.809
1990	22,98	36.590	33.121	11.518

Fonte: IPEADATA.

Decorrente dos investimentos governamentais realizados ainda na década anterior, a produção interna de petróleo mais do que triplicou no espaço de dez anos, não obstante o cenário conturbado pelo qual a economia brasileira passou.

Medeiros e Dezidera (2006) destacam que essa redução da dependência externa do petróleo conjugada ao contra-choque no preço do insumo foram alguns dos fatores que contribuíram para a perda da vitalidade do Proálcool na segunda metade daquela década. De fato, pela tabela 13 percebe-se que houve uma redução no ritmo de crescimento da produção de álcool a partir de 1986.

3.3.2 A situação da meb ao final da década de 1980

As transformações ocorridas na economia brasileira durante os anos 80 repercutiram na matriz energética brasileira, que estão detalhadas nas tabelas seguintes. Na tabela 14, é possível observar que a oferta interna de energia entre os anos de 1980 e 1990 aumentou cerca

de 24%. No mesmo período o PIB aumentou 17%, o que leva a crer que o crescimento econômico do período foi mais intensivo em energia do que o verificado entre os anos de 1970 e 1980.

Apesar do aumento da produção interna, o item petróleo e derivados teve uma redução na sua participação na OIE de quase 20%, que foi contrabalanceado pelo aumento de insumos renováveis na matriz, notadamente a energia hidrelétrica e a derivada da cana-de-açúcar. No segmento não renovável, o gás natural também apresentou significativo crescimento, uma tendência que irá se consolidar nos anos subsequentes puxada, principalmente, pelo aumento de seu emprego no setor industrial em substituição ao óleo combustível e outros insumos energéticos. No período observado, a participação dos energéticos renováveis elevou-se em uma velocidade superior a dos não renováveis, fazendo com que na década de 1990 esses dois tipos (renováveis e não renováveis) apresentassem proporções semelhantes na M.E.B.

Tabela 14- Oferta Interna de Energia 1980-1990

	Em %	
	1980	1990
Energia não renovável	54,4	50,9
Petróleo e Derivados	48,3	40,7
Gás natural	1,0	3,1
Carvão Mineral e Derivados	5,1	6,8
Urânio (U308) e derivados	0,0	0,4
Energia renovável	45,6	49,1
Hidráulica e eletricidade	9,6	14,1
Lenha e carvão vegetal	27,1	20,1
Derivados da cana-de-açúcar	8,0	13,4
Outras renováveis	0,9	1,5
Total (em %)	100	100
Total (em 10³ tep)	114.761	142.000

Fonte: BEN, 2008.

A tabela 15 apresenta a evolução da dependência externa de energia nos três insumos energéticos mais relevantes nesse aspecto. Observa-se que as políticas energéticas promotoras de uma maior produção nacional de petróleo surtiram os efeitos esperados, com o percentual importado deste insumo tendo caído de 42,6%, em 1980, para quase 25%, em 1990. Boa parte desse sucesso deve-se ao incremento de produção da Petrobrás naquele período, que ainda mantinha o monopólio estatal na exploração e a maturação dos investimentos do II PND, ocorridas ainda na primeira metade da década de 1980.

A dependência externa do carvão mineral elevou-se no período, em virtude do aumento do consumo industrial, sobretudo no setor de cimento, e do aumento da produção do coque de carvão mineral para o setor metalúrgico.

Tabela 15 - Dependência Externa de Energia

Identificação	Unidade	1980	1990
Total	mil tep	49.368	36.350
	%	42,6	25,2
Petróleo	mil bep/d	923	512
	%	83	43,4
Carvão Mineral	mil ton	5.042	10.720
	%	52,6	69,6
Eletricidade	GWh	-213	26.538
	%	-0,2	10,6

Fonte: BEN, 2008.

Com relação à eletricidade, o aumento de sua dependência externa deve-se principalmente ao aumento da parcela de energia comprada da parte paraguaia da geração da Itaipu Binacional e a redução de investimentos no setor durante a segunda metade da década de 1990 (LEITE, 1997).

3.4 AS MUDANÇAS ESTRUTURAIS DA ECONOMIA BRASILEIRA A PARTIR DA DÉCADA DE 1990 E O PANORAMA ATUAL DA MEB

O início da década de 1990 foi marcado pela mudança no “modelo” de crescimento da economia brasileira, pautado pelo modelo de substituição de importações. A partir da posse do primeiro presidente eleito desde a década de 1960, Fernando Collor de Melo, iniciou-se uma profunda reestruturação econômica no país, baseada na premissa da redução do tamanho do Estado na economia (CASTRO, 2005). Cabe destacar que o ambiente externo, ancorado no Consenso de Washington¹⁴, “legitimava” as ações do novo governo brasileiro.

As medidas econômicas que permearam os primeiros anos da década envolviam privatizações, destacando-se as dos setores petroquímico, metalúrgico e de fertilizantes, maior abertura comercial e continuidade na busca da estabilização monetária, alicerçada em dois planos, Collor e Collor II, os quais não obtiveram sucesso na contenção da inflação. A estabilização da economia seria obtida em 1994 com o Plano Real, cuja estratégia foi centrada em três esferas: estabilização fiscal, desindexação e âncora cambial (CASTRO, 2005).

Ao assumir em 1995 a presidência da República, Fernando Henrique Cardoso manteve os alicerces do Plano Real visando a manutenção da estabilidade monetária. A redução do papel do Estado na economia continuou sendo uma das tônicas do período, fato que ficou marcado pelas privatizações de serviços públicos, como energia e telecomunicações; quebra do monopólio estatal no setor de petróleo; criação de agências reguladoras que passariam a regular os serviços públicos concedidos; e mudança no tratamento do capital estrangeiro (Giambiagi, 2005).

¹⁴ O chamado Consenso de Washington refere-se a uma lista de medidas elaboradas pelo economista John Williamson que, segundo este autor, seriam necessárias para que os países em desenvolvimento ingressassem em um crescimento econômico contínuo. As medidas referiam-se, basicamente, a uma maior disciplina fiscal, promoção de abertura comercial e financeira e redução do protagonismo do Estado nas economias (CASTRO, 2005).

3.4.1 As transformações do setor energético durante a década de 1990

O setor energético também se viu afetado pelas modificações estruturais ao longo da década de 90. A abertura comercial, o aumento dos investimentos estrangeiros diretos e a estabilização monetária contribuíram para a expansão do consumo energético no país.

Assim, nota-se que as privatizações no setor elétrico e a quebra de monopólio do petróleo em 1997 ocasionaram alterações significativas à estrutura de oferta da matriz energética brasileira.

No caso do petróleo, Leite (1997) destaca que até meados da década de 90 nenhuma iniciativa privada, nacional ou internacional, havia ocorrido na indústria brasileira de petróleo, salvo a participação de grandes companhias internacionais no ramo da distribuição de derivados, que vieram para o Brasil ainda no começo do século XX.

Sob essa perspectiva e com a mudança do paradigma da atuação estatal na economia, o governo brasileiro editou a lei federal 9478 em 1997, dando nova organização econômica ao setor, especialmente pela quebra do monopólio que a União possuía sobre o insumo nas atividades de exploração e produção, denominadas “upstream”.

Com o novo marco regulatório, que manteve os direitos de propriedade da Petrobrás sobre as áreas de produção onde esta já estava operando, abriu-se espaço para entrada de novas empresas no setor através dos leilões de novos blocos nas bacias sedimentares brasileiras. Com esses leilões, organizados pela Agência Nacional do Petróleo – ANP, criada no âmbito da Lei 9478/97, o governo esperava fomentar a competitividade e a produção no setor, inclusive da própria Petrobrás, que passaria a necessitar de uma agenda empresarial contemporânea para se adequar a nova realidade do mercado (PINTO JUNIOR, et al., 2007).

Pinto Junior et al. (2007) destacam que os resultados dos leilões realizados entre 1998 e 2006 sugerem que a ANP obteve relativo sucesso não só em fomentar a entrada de novas empresas no setor de exploração e produção como também pela geração de receitas para o Tesouro Nacional via pagamentos oriundos do direito à exploração.

Com isso, atualmente existem mais de 70 empresas, de mais de 15 países, no setor de “upstream”. No entanto, até a sétima rodada de leilões, ocorrida em 2005, a Petrobrás arrematou ampla maioria dos blocos, o que levou a Estatal à liderança absoluta na exploração e produção, com cerca de 98% de toda a produção nacional (MME, 2010).

Adicionalmente, percebe-se que houve um aumento marginal no total de bacias sedimentares exploradas, que giravam em torno de 7% do potencial explorável do país às vésperas da quebra do monopólio para pouco mais de 7,5% no ano de 2008. Assumindo esses aspectos, torna-se equivocado vincular a autossuficiência de petróleo, obtida em 2006, à abertura do mercado da década de 1990. Na verdade, o que ocorreu foi uma expansão da produção fundamentada quase que exclusivamente no incremento produtivo da Petrobrás (MATTOS, 2001).

A reestruturação econômica do setor elétrico ocorreu em duas etapas: a primeira iniciada com a privatização das companhias Escelsa e Light, em 1995 e com a edição, no ano seguinte, da Lei 9427/96, que criou a Agência Nacional de Energia Elétrica e estabeleceu que a exploração do potencial hidrelétrico do país seria concedida por meio de concorrência ou leilão. A segunda etapa se deu em 2004, com o advento do Novo Modelo do Setor Elétrico. Este modelo, além de definir regras para a comercialização da energia elétrica, criou a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), encarregada de subsidiar o planejamento energético do país. Além disso, definiu-se que a oferta de menor tarifa seria o critério a ser seguido na licitação de novos empreendimentos (ELETROBRÁS, 2010; ANEEL, 2010).

Convém destacar que, entre os dois estágios da reestruturação, o setor passou por uma crise de racionamento, que ficou conhecida como “Apagão Elétrico de 2001”. Apesar de acentuada por condições hidrológicas desfavoráveis (ELETROBRÁS, 2010), a crise do racionamento é atribuída à falha no desenho institucional criado para o setor na segunda metade da década de 90. Isso porque o modelo proposto descentralizou a tomada de decisões no setor, com a criação da ANEEL, do Operador Nacional do Sistema – ONS e a criação do Mercado Atacadista de Energia, mas negligenciou a necessidade de coordenação interinstitucional do processo, dificultando a mobilização das instituições governamentais no tempo necessário para atacar o problema, que já estava presente desde o final da década de 90 (PINTO JR. et al., 2007).

3.4.2 A consolidação do debate ambiental e os biocombustíveis

Como abordado no capítulo anterior, a consolidação do conceito desenvolvimento e sustentável e uma de suas principais pautas de debate, qual seja as mudanças climáticas, levaram o mundo a apontar

o emprego em larga escala do uso de combustíveis de origem fóssil como um dos principais responsáveis pelo aumento de emissões de gases do efeito estufa. Este aspecto, aliado ao elevado preço do petróleo nos primeiros anos deste século e à concentração de reservas nos países da OPEP, colocou a substituição dos combustíveis fósseis por fontes de energias mais limpas e autóctones como uma prioridade na maioria das políticas energéticas nacionais. Por apresentarem forma líquida, tal qual boa parte dos derivados de petróleo empregados na indústria e no setor de transportes, os biocombustíveis prescindem de uma nova estrutura logística para seu armazenamento, distribuição e comercialização, o que os torna potenciais substitutos dos combustíveis fósseis líquidos, dado o baixo custo das adaptações tecnológicas (BICALHO; IOOTY; PINTO JR., 2006).

No Brasil, a tentativa de emprego em larga escala de biocombustíveis iniciou-se ainda na década de 70 com o PROALCOOL, cujo primeiro objetivo foi produzir álcool¹⁵ a partir da cana-de-açúcar para a substituição parcial da gasolina, ao nível de 4,5% (ANP, 2010). Após um crescimento promissor, o programa entrou em declínio na segunda metade da década de 90 com a redução de preços da gasolina. A partir de 2003, no entanto, a produção de álcool voltou a crescer impulsionada pela venda em larga escala de carros bicombustíveis (“Flex Fuel”), que permitem o emprego da gasolina e do álcool em proporções definidas pelo próprio consumidor, e por se tratar de uma alternativa energética face às questões ambientais, já mencionadas.

Outro expoente da matriz de biocombustíveis no país centra-se na produção de biodiesel a partir de óleos vegetais e de gorduras animais para a mistura parcial ao óleo diesel. O combustível foi introduzido na matriz energética brasileira em janeiro de 2005 com a Lei 11.097, que instituiu o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel – PNPB. Esta lei conceituou o biodiesel, designou a ANP como agente regulador e fiscalizador da produção e comercialização do novo combustível e estabeleceu o percentual de mistura ao óleo diesel convencional, que aumentou gradativamente até atingir os atuais 5%, B5, atualmente obrigatório em todos os postos que revendem o óleo diesel (ANP, 2010).

¹⁵ Cabe destacar a diferença entre os diversos tipos de álcool e a distinção de seus empregos na economia: O álcool(etanol) hidratado é empregado como substituto completo da gasolina, isto é, é utilizado em motores preparados para este fim. Por outro lado, o álcool anidro é misturado à gasolina sem que isso acarrete prejuízo para os motores projetados para o uso exclusivo da gasolina. A proporção de mistura é variável e definida pela política energética. A partir de julho de 2007 esta proporção foi definida em 25% pela Portaria n.143 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (ANP, 2010).

3.4.3 A atual composição da matriz energética brasileira

As mudanças estruturais vividas pela economia brasileira ao longo dos últimos quarenta anos trouxeram alterações significativas à matriz energética brasileira. Além do expressivo aumento da oferta interna de energia, que atingiu o montante de 243,7 milhões de tep, o que corresponde a 2% da energia mundial (MME, 2010), houve alterações nas participações relativas dos insumos energéticos, as quais são apresentadas na tabela 16.

Tabela 16 - Oferta Interna de Energia 1973 - 2009

	Em %	
	2009	1973
Energia não renovável	52,8	49,1
Petróleo e Derivados	37,9	45,6
Gás natural	8,8	0,4
Carvão Mineral e Derivados	4,8	3,1
Urânio (U308) e derivados	1,4	0,0
Energia renovável	47,2	50,9
Hidráulica e eletricidade	15,2	6,1
Lenha e carvão vegetal	10,1	38,8
Derivados da cana-de-açúcar	18,0	5,6
Outras renováveis	3,8	0,4
Total (em %)	100	100
Total (em 10³ tep)	243.679	82.157
População Estimada	189.990.983	100.683.298
Energia per capita (tep/hab)	1,28	0,81

Fonte: BEN, 2009.

Entre 1973 e 2009 houve uma expansão de aproximadamente 200% na OIE, variação pouco abaixo da verificada para o PIB do país, que aumentou 220% no mesmo período. Petróleo e derivados continuam sendo o principal insumo energético da matriz, porém com uma menor

participação relativa, que decorre principalmente do aumento da oferta de gás natural, que praticamente inexistia em 1973 e atualmente responde por 9% do total da OIE com tendência de crescimento (TOMALSQUIN, et al., 2007), e do aumento da oferta hidrelétrica e de derivados da cana-de-açúcar. Um dos causadores da expansão deste último insumo foi a expansão da produção do etanol.

Cabe destacar que, no período, também ocorreu uma elevação da OIE per capita, que passou de 0,81 tep/hab., em 1973, para 1,28 tep/hab., em 2009.

Com relação aos combustíveis renováveis, a tendência de redução da participação da lenha e carvão vegetal foi mantida. Sua menor representatividade explica-se pelo efeito deslocamento de outras fontes energéticas que se expandiram no período, como a hidrelétrica e a biomassa. No entanto, esse aumento da oferta de energia renovável em valores absolutos não foi suficiente para conter a maior expansão relativa dos combustíveis não renováveis, que predomina ligeiramente na composição da matriz energética nacional.

Não obstante a predominância dos combustíveis fósseis, tomando o quadro internacional como comparação, a participação de combustíveis renováveis na MEB merece destaque. O gráfico 5 traz um comparativo do uso das duas fontes de energia no Brasil e no mundo.

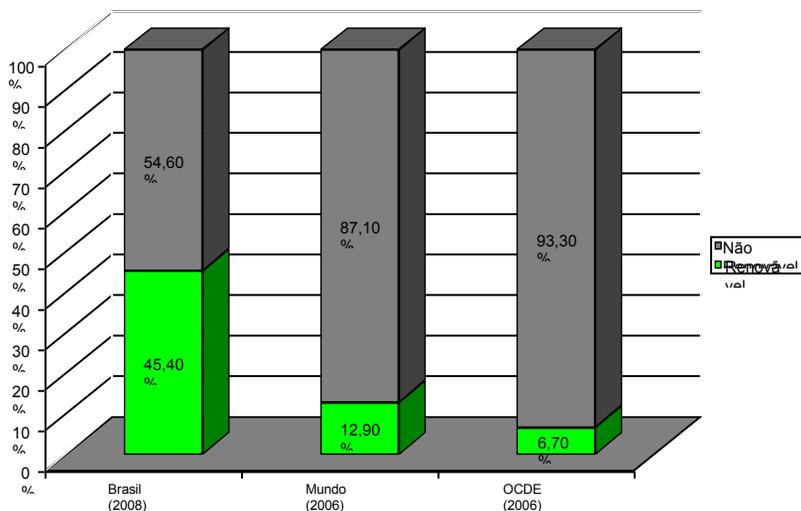


Gráfico 5 - Comparação da Estrutura da OIE
Fonte: Balanço Energético Nacional, 2008.

A grande diferença em relação à média mundial explica-se pelo emprego do potencial hidroelétrico e dos combustíveis oriundos da biomassa no país. Ainda que a consolidação das energias renováveis no Brasil tenha ocorrido à margem da preocupação ambiental¹⁶, esta participação conduziu o país a uma situação de destaque no cenário mundial no diz respeito ao emprego de energias limpas na matriz energética. Todavia, como será visto nos próximos capítulos, essa maior participação da energia renovável na MEB não é um garantidor de que o Brasil não precise se preocupar com a sustentabilidade ambiental no uso da energia.

3.4.4 O consumo energético no Brasil atual

Para compreender os condicionantes que deram à OIE a atual configuração, analisar a evolução do consumo energético pelos diversos setores da economia é de extrema importância, pois permite visualizar como variou a demanda pelos diversos tipos de insumos energéticos que compõe a MEB. Da tabela 17 percebe-se que ocorreu uma redução significativa da participação do consumo residencial, que reflete a maior velocidade da expansão do consumo em outros setores (como o industrial e de transportes) ocasionada pelas mudanças estruturais que a economia brasileira passou a partir da década de 70.

¹⁶ Salvo o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel, elaborado em 2005 já sob a perspectiva ambiental, a inserção dos demais insumos energéticos renováveis na MEB ocorreu mais por conta das vantagens comparativas presentes e por motivos de redução da dependência externa de energia. Este é o caso da geração hidrelétrica e do álcool, que foram inseridos na matriz muito antes da emergência do debate ambiental.

Tabela 17 – Evolução do Consumo Final Energético por Setor (em %)

Identificação	1970	1974	1979	1985	1991	1997	2003	2007
Consumo final não energético	2,4	4,1	6,0	7,8	7,3	7,6	6,9	6,6
Consumo final energético	97,6	95,9	94,0	92,2	92,7	92,4	93,1	93,4
Setor Energético	2,5	3,7	5,7	9,8	9,6	9,4	8,7	9,8
Residencial	35,5	27,4	20,2	15,8	14,1	11,6	11,5	10,3
Comercial	1,4	1,5	1,6	1,8	2,2	2,4	2,7	2,8
Público	0,7	0,9	1,0	1,2	1,4	1,7	1,8	1,6
Agropecuário	8,6	6,6	5,4	5,2	4,7	4,6	4,5	4,2
Transportes - total	21,2	25,7	26,0	23,3	26,5	28,5	26,4	26,7
Rodoviário	18,3	21,3	21,7	18,9	23,6	25,8	24,3	24,5
Ferrovário	0,9	0,7	0,6	0,6	0,5	0,3	0,3	0,3
Aéreo	1,1	1,5	1,7	1,6	1,6	1,8	1,2	1,2
Hidroviário	0,9	2,1	2,0	2,2	0,8	0,6	0,5	0,6
Industrial - total	27,7	30,2	34,1	35,0	34,1	34,0	37,5	38,0
Consumo final	100							
Consumo final (em 1000 tep)	62.106	81.322	103.644	117.082	130.204	164.775	182.114	215.565

Fonte: BEN, 2008.

Seguindo uma tendência mundial (MME, 2008), o consumo conjunto dos setores industriais e de transportes expandiu-se de maneira mais acelerada que os demais e em 2007 atingiu 65% de todo o consumo energético do país. Esse incremento é explicado por dois motivos: alteração estrutural do parque industrial brasileiro a partir do II PND, que teve como tônica a expansão de indústrias energointensivas e consolidação do transporte rodoviário como principal modal da matriz logística brasileira.

O crescimento da demanda energética nestes dois setores se deu sob formas distintas. Enquanto que o setor industrial pautou sua expansão de consumo a partir de um conjunto diversificado de energias, o setor de transportes elevou sua participação mantendo a dependência em torno de combustíveis derivados do petróleo, como óleo diesel e gasolina.

O comportamento do consumo desses dois setores pelas distintas fontes de energia pode ser observado nas tabelas 18 e 19.

Tabela 18 - Evolução do Consumo Energético – Setor de Transportes (Em %)

	1973	2005	2006	2007
ÓLEO DIESEL	34,5	50,9	50,9	49,9
ÓLEO COMBUSTÍVEL	3,2	1,5	1,4	1,6
GASOLINA AUTOMOTIVA	55,2	25,9	27,1	24,8
QUEROSENE	5,2	4,9	4,5	4,5
ÁLCOOL ETÍLICO	0,9	13,3	12,0	14,9
OUTRAS	1,0	3,5	4,1	4,2
TOTAL	100	100	100	100
TOTAL (Em mil tep)	19.087	52.459	53.270	57.621

Fonte: BEN, 2008.

No setor de transportes, indicado na tabela 18, percebe-se que no ano de 2007 o consumo dos derivados de petróleo ainda permanecia sendo a principal tônica do setor, não obstante a implementação do Proálcool na década de 70 ter obtido relativo sucesso, fazendo com que o álcool etílico elevasse sua participação de 0,9% em 1973 para 15% em 2007 impactando o consumo de gasolina, que foi reduzindo em mais de trinta pontos percentuais no mesmo período. Contribuiu para a manutenção da liderança dos combustíveis fósseis a expansão do consumo de óleo diesel, principal combustível do transporte rodoviário de cargas.

Já o consumo energético do setor industrial, destacado pela tabela 19, é mais diversificado, empregando uma ampla variedade de insumos energéticos.

Tabela 19 – Evolução do Consumo Energético – Setor Industrial (Em %)

	1973	2005	2006	2007
GÁS NATURAL	0,1	9,8	9,9	9,9
CARVÃO MINERAL	0,3	4,8	4,6	4,6
LENHA	16,7	7,7	7,6	7,4
BAGAÇO DE CANA	17,7	17,8	19,9	19,7
OUTRAS FONTES PRIM. RENOVÁVEIS	1,0	5,8	6,0	6,1
ÓLEO COMBUSTÍVEL	36,6	6,0	5,3	5,2
GÁS DE COQUERIA	0,9	1,4	1,3	1,3
COQUE DE CARVÃO MINERAL	5,6	8,7	8,0	8,2
ELETRICIDADE	11,1	20,5	20,6	20,2
CARVÃO VEGETAL	7,1	7,7	7,2	6,9
OUTRAS	2,8	9,8	9,8	10,6
TOTAL	100	100	100	100
TOTAL	22.757	73.496	76.757	81.915

Fonte: BEN, 2008.

Com isso, constata-se que o óleo combustível, que em 1973 era o principal insumo energético do setor, teve uma redução significativa ao longo das últimas décadas. Tal fato pode ser explicado pela política de incentivo à produção do carvão mineral, na década de 70, e mais recentemente pela expansão do consumo industrial de gás natural (LEITE, 1997).

Diferentemente do setor de transportes, a indústria possui uma estrutura de consumo onde a participação dos combustíveis renováveis é mais disseminada. Em 1973, os combustíveis renováveis (lenha, bagaço de cana, eletricidade proveniente de hidrelétricas, carvão vegetal e outras fontes primárias renováveis) totalizavam 53,6% de todo o consumo energético setorial. Já em 2007 essa participação aumentou para 60,3%, como decorrência do maior emprego da energia hidrelétrica e da biomassa.

3.5 PERSPECTIVAS PARA A ENERGIA NO BRASIL

Assumindo como favoráveis as perspectivas da economia brasileira para as próximas décadas, a Empresa de Pesquisa Energética prevê um forte crescimento da demanda energética nos próximos 20 anos, com uma taxa média de crescimento da oferta interna de energia de aproximadamente 3,5% ao ano entre 2010 e 2030 (TOMALSQUIN, et al., 2007).

Num cenário de crescimento econômico de aproximadamente 4,1% a.a., espera-se que a oferta interna de energia chegue a aproximadamente 557, 2 milhões de tep no ano de 2030, um incremento de 130% em relação a 2009 (MME, 2007).

A tabela 20 apresenta os valores estimados para a OIE de 2030. Embora ocorra uma redução considerável na participação de petróleo e derivados, é possível perceber um ligeiro aumento do total relativo de combustíveis não renováveis na matriz energética, ocasionado principalmente pela expansão da oferta de gás natural no país, fato que reflete a conversão de plantas industriais para a utilização deste insumo. O Ministério de Minas e Energia também espera que haja um incremento na capacidade de geração da energia nuclear, sinalizada pela expansão de 1,4% para 3% da OIE do Urânio e derivados, assim como um incremento da produção de Carvão Mineral.

Apesar de uma leve redução em termos de participação relativa, a oferta interna de energia renovável apresenta algumas variações importantes entre o ano de 2009 e as projeções para 2030. A principal delas é a elevação da participação de “Outras Renováveis”. Neste item estão incluídas as expansões da oferta de biodiesel, biogás, energia eólica e demais tipos de energia que vêm adquirindo um maior espaço na política energética do país. Os derivados da cana-de-açúcar tendem a manter sua participação relativa elevada.

Espera-se que a participação da energia hidráulica tenha um recuo de aproximadamente dois pontos percentuais. Segundo Tomalsquin, et al. (2007), isto decorre do menor ritmo de expansão desta fonte de energia frente aos demais renováveis e da redução potencial hidrelétrico aproveitável.

Tabela 20- Oferta Interna de Energia 2030 - 2009

	Em %	
	2009	2030
Energia não renovável	52,8	53,4
Petróleo e Derivados	37,9	28,0
Gás natural	8,8	15,5
Carvão Mineral e Derivados	4,8	6,9
Urânio (U308) e derivados	1,4	3,0
Energia renovável	47,2	46,6
Hidráulica e eletricidade	15,2	13,5
Lenha e carvão vegetal	10,1	5,5
Derivados da cana-de-açúcar	18,0	18,5
Outras renováveis	3,8	9,1
Total (em %)	100	100
Total (em 10³ tep)	243.679	557.679

Fonte: MEN, 2008.

Com relação ao consumo final de energia e assumindo o cenário de referência do Ministério de Minas e Energia (4,1% de crescimento médio ao ano entre 2010 e 2030), espera-se que o mesmo chegue a 402,8 milhões de tep, com os setores industriais e de transportes respondendo por 78% de todo esse consumo. Isso significa um leve aumento comparativamente ao ano de 2005, quando os dois setores foram responsáveis por 76,3% de toda a energia consumida no país. Isso pode ser explicado pelo consumo relativo maior do setor de transportes, que passará de 31,8% em 2005 para 34,5% do consumo energético em 2030, segundo as projeções do MME.

3.6 SÍNTESES DO CAPÍTULO

Este capítulo discutiu os condicionantes históricos, a configuração atual e as perspectivas para a matriz energética brasileira. Pontuou-se que os movimentos de industrialização e urbanização

vivenciados pela economia brasileira ao longo do século XX foram fundamentais para as mudanças ocorridas no perfil de energético brasileiro, que passou de um quadro onde predominavam os combustíveis renováveis, na primeira metade daquele século, para uma situação onde passaram a predominar os combustíveis não renováveis, sobretudo o petróleo e seus derivados.

Ao longo da segunda metade do século XX ocorreram uma série de ações estatais, dentre as quais pode-se destacar a criação das indústrias nacionais do petróleo e da energia elétrica e a introdução dos biocombustíveis na matriz energética, que permitiram a MEB adquirir sua atual configuração.

Destacou-se que, em termos setoriais, os dois maiores consumidores de energia são a indústria e o setor de transportes, com este último tendo consolidado grande parte de sua demanda energética em torno dos combustíveis não renováveis.

Por fim, foi apresentada uma prospecção da matriz energética brasileira para o ano de 2030, onde são esperados um forte aumento do consumo energético em relação aos dias atuais e a permanência das energias não renováveis como o principal tipo de energia da matriz energética brasileira.

4 A (IN) SUSTENTABILIDADE DA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA

INTRODUÇÃO

Este capítulo discute os impactos ambientais da matriz energética brasileira, destacando a questão das emissões de gases do efeito estufa provocadas pelo consumo de energia no país.

Mesmo que as ações necessárias para adaptar uma economia que possui aproximadamente 45% de sua matriz energética derivada de combustíveis renováveis demandem menos esforços comparativamente às nações que possuem forte dependência de combustíveis fósseis (caso de China e Índia), isso não significa que o debate sobre o papel da matriz energética nacional na discussão da sustentabilidade climática deva ser relevado ao segundo plano.

A tabela 21 apresenta o resultado parcial do segundo inventário de emissões de gases do efeito estufa, elaborado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia e divulgado às vésperas da convenção de Copenhague (dezembro de 2009). Nele é possível observar a evolução das emissões totais de GEE, isto é, do conjunto de todos os tipos de gases, que foram totalizados em CO₂ equivalente¹⁷ (Box 2).

Pela tabela 21 observa-se que a principal causa das emissões brasileiras diz respeito ao uso da terra e das florestas. A participação relativa desse setor saltou de 54,8%, em 1990, para 57,5%, em 2005. Em seguida vem a agricultura com 22,1% mas que apresenta tendência de queda comparando-se ao ano de 1990. O setor de energia, onde estão incluídas as emissões decorrentes da produção, transformação e consumo, apresenta uma tendência de crescimento tendo saltado de 15,8%, em 1990, para 16,4%, em 2005.

¹⁷ Como os gases do efeito estufa têm efeitos diversos no clima, foi preciso estabelecer uma padronização. O carbono equivalente é calculado multiplicando-se a quantidade de emissões de um determinado gás multiplicado pelo seu efeito no clima. Um exemplo: o metano tem 21 vezes mais impacto no clima do que o CO₂. Por isto, 1 tonelada de metano correspondem a 21 toneladas de CO₂ equivalente (ver BOX 2).

Tabela 21 - Emissões de Gases do Efeito Estufa – Brasil

Setor	Em Gg CO2 equivalente						
	1990	1994	2000	2005	Variação 1990/2005	Participação 1990	Participação 2005
Energia	214.922	256.389	328.089	362.032	68,4%	15,8%	16,4%
Processos Industriais	26.686	28.776	34.657	37.097	39,0%	2,0%	1,7%
Agricultura	346.668	378.409	401.428	487.399	40,6%	25,4%	22,1%
Mudança no uso da terra e florestas	746.429	789.534	1.246.968	1.267.889	69,9%	54,8%	57,5%
Tratamento de resíduos	27.661	31.804	40.720	48.945	76,9%	2,0%	2,2%
Total	1.362.366	1.484.912	2.051.862	2.203.362	61,7%	100,0%	100,0%

Fonte: MCT, 2009.

A simples tendência de crescimento da participação das emissões do setor de energia indica por si só a necessidade de debater a questão. Somando-se a esta tendência as dúvidas sobre os reais impactos ambientais da produção da energia renovável no Brasil, como a de origem hidrelétrica e a oriunda da biomassa, o tema ainda ganha relevância ainda maior (ABRANCHES; VEIGA; VIANA, 2009).

Portanto, entender o padrão de consumo energético do Brasil, discutindo-se aspectos relacionados à eficiência e à racionalidade desse consumo; retorno em termos de geração de riqueza; e a maneira como ocorre a produção de energia no país são pontos essenciais para responder a indagação se o consumo energético brasileiro ocorre sobre bases ambientalmente sustentáveis ou se essa demanda energética do país pode levar o Brasil a se tornar um dos maiores responsáveis pelas emissões globais de gases do efeito estufa.

Para compreender a questão acima, este capítulo está estruturado em três itens. No item 4.1 realiza-se uma abordagem quantitativa da sustentabilidade da matriz energética brasileira, com a construção e análise de indicadores que tratam da participação dos combustíveis renováveis na MEB, da geração e o consumo de energia elétrica, da intensidade energética da economia brasileira e da intensidade de carbono na energia, que analisa a relação entre emissões de GEE oriundas do consumo de energia. Nos itens 4.2 e 4.3 é realizada

uma abordagem mais qualitativa, trazendo-se a discussão sobre as polêmicas ambientais envolvendo a produção da energia elétrica a partir de hidrelétricas e a produção de biocombustíveis, respectivamente.

Box 2 – Potencial de Aquecimento Global (GWP)

Os gases do efeito estufa possuem diferentes impactos com relação à radiação retida na atmosfera. Sendo assim, o IPCC criou uma medida relativa que pudesse efetuar comparações entre os diversos gases, denominado Global Warming Potential (GWP).

O Dióxido de Carbono (CO₂) é tomado como referência base, com seu potencial sendo igual a 1. A lista a seguir apresenta os GWP dos principais GEE.

Espécies	Fórmula química	Tempo de vida (anos)	Potencial de aquecimento global (horizonte de tempo)		
			20 anos	100 anos	500 anos
Dióxido de Carbono	CO ₂	Variável	1	1	1
Metano	CH ₄	12±3	56	21	6.5
Óxido Nitroso	N ₂ O	120	280	310	170
HFC-23	CHF ₃	264	9.100	11.700	9.800
HFC-134 ^a	CH ₂ FCF ₃	14,6	3.400	1.300	420
Hexafluorido de Enxofre	SF ₆	3200	16.300	23.900	34.900
Perfluorometano	CF ₄	50.000	4.400	6.500	10.000
Perfluoroetano	C ₂ F ₆	10.000	6.200	9.200	14.000

Fonte: Proclima

Tomando um exemplo prático, sendo o GWP do Dióxido de Carbono (CO₂) igual a 1 e o do Metano (CH₄) então, num horizonte de tempo de 100 anos, o Metano absorverá 21 vezes mais radiação do que o Dióxido de Carbono, isto significa dizer que o potencial de aquecimento global do CH₄ é 21 vezes maior do que o do CO₂.

No entanto, como o CO₂ existe em maior quantidade do que os demais, este possui maior representatividade no efeito estufa.

4.1 INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE

4.1.1 Construção, conceituação e procedimentos adotados

O ponto inicial para a construção dos indicadores de sustentabilidade refere-se à necessidade de se estabelecer a diferença

entre as fontes de energia, distinguindo-se as energias não renováveis das consideradas renováveis.

Nas primeiras, cuja elevada utilização configura-se no principal motivo das preocupações a respeito da interferência do sistema econômico mundial sobre a estabilidade climática do planeta, enquadram-se o petróleo e todos os seus derivados; o carvão mineral e o gás natural, isto é, todas as fontes baseadas em hidrocarbonetos (X_{hc}).

As fontes renováveis (X_c), como o próprio nome indica, possuem uma capacidade de renovação em um tempo razoavelmente curto, quando comparado aos combustíveis fósseis. Ayres (1996) considera que o termo “renovável” só deve ser efetivamente considerado quando o carbono lançado na atmosfera, pela queima dos combustíveis renováveis, pode ser reaproveitado pelo processo de fotossíntese sendo reintegrado à biomassa através do processo natural de seu ciclo. Há, ainda, as fontes não baseadas no carbono (X_{nc}), como é o caso do urânio, principal insumo para a geração da energia nuclear. Apesar de não serem renováveis, estas fontes possuem um potencial de aquecimento global baixo quando comparado às derivadas de hidrocarbonetos.

Feitas as considerações acima, temos que o total (T) de insumos primários para a produção de energia pode ser equacionado da seguinte forma:

$$T = X_{hc} + X_c + X_{nc} \text{ (Equação 1)}$$

Onde X_{hc} representa as fontes não renováveis, X_c indica as renováveis e X_{nc} denota as fontes não renováveis não derivadas de hidrocarbonetos (energia nuclear).

O total de insumos renováveis (R) pode ser dado por:

$$R = X_c + X_{nc} \text{ (Equação 2)}$$

O indicador 1 representa a razão R / T e sua finalidade é indicar a participação das fontes não derivadas de hidrocarbonetos, isto é, com menor potencial de aquecimento global, na matriz energética.

Tendo em vista que a redução da participação de fontes não renováveis na matriz energética diminui a emissão de gases do efeito estufa na atmosfera, uma relação R/T que tendesse à unidade, $R/T = 1$, seria desejável do ponto de vista da sustentabilidade, uma vez que indicaria a maior participação de fontes renováveis de energia.

Os indicadores 2 e 3, apresentados a seguir, envolvem a análise da geração e do consumo da energia elétrica face às demais opções energéticas encontradas na MEB.

Sendo “P” o total de energia primária utilizada na geração de energia elétrica e “T” o total de energia primária da MEB, o indicador 2,

representado pela fração $f_e = P/T$, traduz a razão da energia primária total utilizada na produção de energia elétrica. Assumindo este tipo de energia como menos poluidora do que as demais, um aumento desta relação ao longo do tempo seria desejável (GUTIERREZ; MENDONÇA, 2000).

O indicador 3, desenvolvido por Ayres (1996), aponta a eficiência na geração da energia elétrica e consiste na fração E/P, onde “E” refere-se ao total de energia elétrica produzida. Como este indicador expressa a razão entre a quantidade de energia elétrica ofertada e a energia primária utilizada na sua produção, um aumento contínuo dessa razão sinalizaria uma geração elétrica mais eficiente.

O indicador 4 pretende analisar a maneira como o consumo energético repercute na geração de riqueza do país. Para tanto, é utilizado o índice de intensidade energética (IIE) que, ao calcular a razão entre o consumo energético de um país e o valor de seu PIB, fornece a medida exata do quanto de energia é necessária para a produção de uma unidade monetária do PIB.

Como destacam Pinto Jr. et al. (2007), o IIE configura-se numa medida de eficiência do uso de energia na produção de riqueza. Um IIE elevado sugere a necessidade de utilizar muita energia para gerar cada unidade do PIB.

O indicador 5 representa o índice de carbono na energia (ICE), que é a razão entre o fluxo de emissões de GEE do consumo energético e esse próprio consumo. Uma tendência de crescimento do ICE indica que o consumo energético apresenta uma elevação em seu teor de carbono, situação indesejável do ponto de vista da sustentabilidade.

A base de dados utilizada na elaboração dos três primeiros indicadores é o Balanço Energético Nacional 2008, ano base 2007. Para a elaboração do IIE e do ICE lançou-se mão das informações disponíveis na versão preliminar do segundo Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases do Efeito Estufa e nos sites www.ecen.com, da organização Economia & Energia e www.eia.doe.gov, da Energy Information Administration, agência governamental norte-americana.

4.1.2 Comportamento dos indicadores selecionados

A tabela 22 reporta o resultado encontrado para os três primeiros indicadores de análise da sustentabilidade da MEB.

Com relação ao indicador 1 (participação de renováveis na matriz energética), houve uma redução da participação da energia renovável na matriz energética, que em 1970 representava 58% do total e em 2006 representou 46%, muito embora no período tenham ocorrido iniciativas importantes para a expansão do uso deste tipo de energia, como o Proálcool na década de 1970.

Tabela 22 - Evolução dos Indicadores 1, 2 e 3

	1000 tep					
	1970	1980	1990	2000	2005	2006
Energia Primária (T)	67.320	114.785	141.323	180.427	220.156	228.046
Energia Primária Não Renovável (Xhc)	28.276	62.424	74.786	107.836	126.317	127.666
Urânio (U3O8) (Xnc)	0	0	0	2.028	4.613	5.473
Energia Primária Renovável (Xc)	39.044	52.361	66.537	72.592	93.838	100.380
Energia Primária para Eletricidade (P)	3.608	11.517	18.489	28.114	32.761	33.774
Geração de Energia Elétrica (E)	4.100	12.286	19.916	31.622	38.662	39.681
Indicador 1 (R/T)	0,58	0,46	0,47	0,41	0,45	0,46
Indicador 2 (P/T)	0,05	0,10	0,13	0,16	0,15	0,15
Indicador 3 (E/P)	1,14	1,07	1,08	1,12	1,18	1,17

Fonte: BEN, 2008.

Com relação aos indicadores 2 e 3, pode-se dizer que suas evoluções foram favoráveis a uma maior sustentabilidade do uso de energia do país. Isso porque houve aumento no consumo de energia primária destinado à geração de energia elétrica e ganhos de eficiência nesta geração. Enquanto que a parcela de energia primária destinada à geração elétrica (indicador 2) saltou de 5% para 15% entre os anos de 1970 e 2006, a eficiência da produção de energia elétrica (indicador 3) aumentou de 1,14 para 1,18 no mesmo período. No entanto, a conclusão sobre estes dois últimos indicadores não considera o balanço de carbono da geração de energia hidroelétrica, isto é, não inclui os impactos ambientais que o processo gera ao meio ambiente e à sociedade. Tais aspectos envolvem uma série de controvérsias a ponto de levantar dúvidas sobre seu verdadeiro potencial de emissões de GEE (ROSA, et al., 2008).

No que se refere à evolução da intensidade energética (indicador 4), a tabela 23 mostra que, enquanto os países da OCDE e a média mundial reduziram a necessidade de energia para gerar riqueza entre os anos de 1991 e 2007, o Brasil apresentou comportamento contrário tendo aumentado sua IIE em mais de 5% no mesmo período.

Tabela 23 – Evolução da Intensidade Energética – Brasil, OCDE, Mundo

Em Tep/milhões de US\$ de 2005						
	1980	1990	1991	2000	2006	2007
Brasil	198,07	242,29	249,93	279,55	266,11	263,53
OCDE	Nd	Nd	202,001	182,549	167,548	164,209
Mundo	Nd	Nd	286,886	252,348	251,541	248,14

Fonte: EIA, (2010).

Este aumento do IIE no Brasil reflete a maior dependência que o país passou a ter em relação à energia a partir da abertura comercial promovida nos início dos anos 1990, que favoreceu a instalação de indústrias energointensivas e consolidou o país com um dos principais exportadores mundiais de produtos intensivos em energia, como alumínio e aço (MME, 2010).

A tabela 24, que apresenta a intensidade de carbono na economia - ICE, também indica tendências distintas para os casos brasileiro e mundial. Enquanto que a quantidade de CO₂ emitido para cada mil dólares produzidos reduziu nos países da OCDE e na média mundial, no Brasil emitiu-se em 2008 cerca de 3,4% a mais de toneladas de CO₂ do que em 1991 para gerar a mesma quantidade de riqueza. Em outras palavras, para manter a economia numa trajetória de crescimento econômico, o Brasil intensificou as emissões do principal gás causador do efeito estufa.

Tabela 24 – Intensidade de Carbono na Economia

Em Toneladas de CO ₂ / 1000 US\$ de 2005							
	1980	1991	2000	2006	2007	2008	Variação 1991/2008
Brasil	0,36	0,407	0,449	0,418	0,41	0,421	3,31%
Mundo	NA	0,704	0,603	0,614	0,608	0,607	-13,90%
OCDE	NA	0,463	0,41	0,374	0,368	0,358	-22,65%

Fonte: EIA, (2010).

Outra medida efetiva da sustentabilidade do consumo energético brasileiro são as emissões per capita de CO₂ originadas do consumo energético, que estão indicadas na tabela 25. Nela é possível observar que, enquanto as emissões per capita mundiais aumentaram 9,3%, de 1980 para 2008, no Brasil o aumento foi quase cinco vezes superior, com as emissões tendo saltado de 1,51 para 2,18 toneladas de CO₂ por habitante no mesmo período. Apesar de ainda possuir uma emissão per capita visivelmente menor que a média mundial, a velocidade com que este indicador aumentou nos últimos 30 anos no caso brasileiro sugere que o mesmo deve ser motivo de preocupação por parte das autoridades nacionais.

Tabela 25- Emissão per capita de CO₂ originada do consumo de energia

Em toneladas de CO ₂ /pessoa							
	1980	1990	2000	2006	2007	2008	Varição 1980/2008
Brazil	1,51	1,57	1,96	2	2,05	2,181	44,34%
OECD	11,5	11	11,5	11,6	11,6	11,32	-1,49%
World	4,15	4,1	3,92	4,44	4,52	4,54	9,33%

Fonte: EIA, (2010).

Outra sinalização de que o consumo energético vem se consolidando sob uma base insustentável do ponto de vista das emissões de GEE, é indicada pela tabela 26. Enquanto a média mundial das emissões cresceu a uma taxa anual de 2,30%, a taxa brasileira cresceu o dobro desta, ou seja, 4,66%. As taxas de crescimento das emissões de China e Índia foram colocadas propositadamente na tabela, de modo a sinalizar a considerável diferença que estes dois países possuem em relação ao mundo. As elevadas taxas chinesas e indianas, no entanto, não atenuam o perfil de consumo energético brasileiro, que, como dito, também apresentou uma elevação considerável de suas emissões.

Tabela 26 - Evolução das Emissões de CO₂ do Consumo Energético

Em Milhões de Toneladas de CO ₂				
	1980	2008	Var.1980/2008	Crescimento Médio Anual
Brasil	185,865	428,167	130,37%	4,66%
Mundo	18488,3	30377,3	64,31%	2,30%
China	1460,2	6533,55	347,44%	12,41%
Índia	293,171	1494,88	409,90%	14,64%

Fonte: EIA, (2010).

Da análise de todos os indicadores anteriores, sobretudo os relacionados ao consumo energético e às emissões de dióxido de carbono, pode-se destacar dois aspectos que sugerem problema de sustentabilidade da matriz energética brasileira.

O primeiro remete ao debate sobre o descolamento relativo¹⁸ (*relative decoupling*) entre os indicadores econômicos, sobretudo o PIB, e as trajetórias de consumo energético e de emissões de GEE ao longo dos últimos anos. De acordo com essa noção, o mundo estaria presenciando um sistemático descasamento entre a geração de riqueza e a emissão de GEE, que seria fruto de ganhos de produtividade e de aumento da eficiência energética dos mais diversos processos do sistema econômico (SPENCE, 2008). De fato, se tomarmos como referência a evolução do índice de intensidade energética e do índice de carbono na economia, tabelas 23 e 24 respectivamente, percebe-se que entre 1991 e 2008 houve redução destes indicadores em termos de média mundial. No entanto, essa constatação não significa que tenha ocorrido redução ou estabilização da pressão do sistema econômico sobre o meio ambiente. Ao contrário, os dados mostrados pelas tabelas 25 e 26 revelam que os valores per capita e absoluto das emissões de CO₂ apresentaram elevações de 9,3% e 2,3% respectivamente. Tomando-se o caso nacional, os números demonstram um cenário ainda pior, com a

¹⁸ O conceito de *relative decoupling* relaciona-se à idéia de eficiência, isto é, ao fato de se produzir mais utilizando-se menos insumos. Um exemplo empírico é a intensidade energética em termos mundiais, que atualmente é 33% menor do que a verificada na década de 1970. No entanto, aumentar a eficiência com que se utiliza os recursos não garante a sustentabilidade ambiental, um exemplo seria o fato de que no mesmo intervalo de tempo no qual ocorreu a redução da intensidade energética as emissões de CO₂ aumentaram cerca de 80%. Para que uma redução nas emissões de CO₂ no mesmo período deveria ter ocorrido uma redução absoluta no consumo energético, esta seria a idéia do *absolute decoupling*.

inexistência do descolamento relativo. De fato, no período de 1991 a 2008 ocorreu um aumento do IIE e do ICE de 5,4% e 3,3% respectivamente, como destacam as tabelas 23 e 24.

Veiga (2010) destaca que o maior problema do descolamento relativo está em se supor que ele aliviaria a pressão da economia sobre o meio ambiente, uma vez que o uso dos recursos naturais se daria de maneira mais eficiente. Entretanto, como destaca o autor, não faz sentido falar em redução de pressão ambiental sem que haja uma redução de fato, isto é, absoluta, no uso dos recursos naturais.

Jackson (2009) aponta que a redução absoluta no consumo de recursos naturais, dentre eles os combustíveis fósseis, seria o verdadeiro caminho a seguir para compatibilizar desenvolvimento econômico com sustentabilidade. As políticas governamentais e intergovernamentais deveriam, portanto, buscar o descolamento absoluto (*absolute decoupling*), que seria o progressivo aumento da prosperidade econômica associada a uma contínua redução do consumo de recursos naturais, combinação esta que resultaria efetivamente num menor impacto do sistema econômico sobre o meio ambiente.

O segundo aspecto que deixa dúvidas sobre a sustentabilidade ambiental do consumo energético brasileiro está justamente na ausência desta perspectiva de *absolute decoupling* no planejamento energético brasileiro.

Da análise da principal peça do planejamento energético brasileiro para o médio prazo, qual seja, o documento Matriz Energética Nacional 2030 (MEN, 2030), elaborado pelo Ministério da Minas e Energia (MME) em parceria com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), percebe-se a excessiva preocupação em assegurar o abastecimento energético para o crescimento econômico do país (ABRANCHES; VEIGA; VIANA, 2009). O tema ambiental é abordado sob a ótica da comparação às demais matrizes energéticas do planeta, sendo destacada a grande participação de combustíveis renováveis e a diversificação de fontes energéticas contidas na MEB.

Apesar de procedente, o argumento da elevada participação da energia renovável na MEB não garante por si só que a trajetória do consumo energético ocorrerá de modo sustentável. Só faria sentido concluir pela sustentabilidade de MEB se a essa lógica da maior participação de combustíveis renováveis fosse adicionada a questão do descolamento absoluto, tratado anteriormente.

A tabela 27 apresenta algumas projeções, para o ano de 2030, contidas na MEN 2030 e no International Energy Outlook 2009, elaborado pela Energy Information Administration (EUA). Nela, se

observa a deterioração dos indicadores brasileiros vis-à-vis à média mundial. As projeções possuem um cenário de referência que prevê taxas de crescimento econômico para o Brasil e o mundo de 4,1% a.a. e 3,8% a.a., respectivamente.

Com relação às três primeiras variáveis da tabela, PIB, Consumo de Energia Primária e Emissões de CO₂ originadas do setor energético, as projeções estimam um aumento em termos absolutos para ambos os casos, mas com a elevação brasileira ocorrendo em uma magnitude maior que a média mundial. Cabe destacar, ainda, que enquanto a participação relativa do Brasil no PIB e no Consumo Energético aumentarão em aproximadamente 30% entre os anos de 2005 e 2030, a participação brasileira nas emissões CO₂ deverá crescer cerca de 67%.

Embora o Brasil possua uma Intensidade Energética (IE) e um Índice de Carbono na Economia (ICE) menores do que a média mundial, é possível observar que a redução destes indicadores ocorrerá de maneira mais lenta para o caso brasileiro do que para o mundo.

Quanto às emissões de CO₂ per capita, os números brasileiros, apesar de serem menores, crescem a uma taxa mais elevada do que a taxa mundial.

Assim, esses dados indicam que o planejamento energético brasileiro, mesmo considerando-se a elevada participação das energias renováveis, poderá agravar as emissões totais de gases do efeito estufa do país.

Tabela 27 - Projeção de Indicadores Energéticos e Ambientais 2005-2030

	2005	2030	Varição 2005-2030
PIB – Brasil (bilhões de US\$ de 2005)	796,30	2.133,28	167,90%
PIB – Mundo (bilhões de US\$ de 2005)	45.161,00	93.922,00	107,97%
Participação Relativa (PIB Brasil/PIB Global)	0,018	0,023	28,82%
Brasil - Consumo de Energia Primária (Em milhões de tep)	236,88	453,60	91,49%
Mundo - Consumo de Energia Primária (Em milhões de tep)	11.644,92	17.093,16	46,79%
Participação Relativa (Consumo Brasil/Consumo Global)	0,020	0,027	30,45%
Brasil - Emissões de CO2 (Em milhões de toneladas de CO2)	323,10	770,80	138,56%
Mundo - Emissões de CO2(Em milhões de toneladas de CO2)	28.296,00	40.385,00	42,72%
Participação Relativa (Emissões Brasil/Emissões Globais)	0,011	0,019	67,15%
Brasil - IIE (Tep/ Mil US\$ de 2005) - Baseado no Consumo de Energia Primária	0,30	0,21	-28,52%
Mundo - IIE (Tep/ Mil US\$ de 2005) - Baseado no Consumo de Energia Primária	0,26	0,18	-29,42%
Brasil - ICE (Kg CO2/US\$ de 2005)	0,41	0,36	-10,95%
Mundo - ICE (Kg CO2/US\$ de 2005)	0,63	0,43	-31,37%
Brasil - Emissões CO2 per capita (t CO2/hab.)	1,76	3,23	83,52%
Mundo - Emissões CO2 per capita (t CO2/hab.)	3,10	5,50	77,42%

Fonte: MEN 2030 (MME, BR) e IEO (IEA, DOE, US).

Com uma expansão de 138% de suas emissões, o Brasil não só contribuirá de maneira mais incisiva para agravar o problema como também se tornará um de seus causadores, fato que já está sendo debatido nos fóruns internacionais e que tende a se consolidar caso o disposto no MEN 2030 seja realmente efetivado.

Nos próximos itens deste capítulo são agregados à discussão outros dois pontos que põem mais dúvidas sobre a efetiva

sustentabilidade da matriz energética brasileira: trata-se das controvérsias que envolvem o potencial emissor das duas principais fontes de energia renováveis da matriz brasileira, ou seja, os biocombustíveis e a energia hidroelétrica.

4.2 AS CONTROVÉRSIAS ENVOLVENDO A GERAÇÃO HIDRELÉTRICA

O elevado volume de produção de energia elétrica a partir do potencial hidrelétrico do Brasil vem sendo apontado como um dos principais sinalizadores da sustentabilidade da matriz energética nacional, uma vez que se trata de uma energia renovável e que, supostamente, apresenta baixa emissão de carbono.

Este entendimento é predominante, tanto nos estudos conduzidos pelo Ministério das Minas e Energia, como a nível internacional, onde órgãos como o Banco Mundial e o Fórum Econômico Mundial enxergam na expansão da energia hidrelétrica uma das respostas à crise climática (WERNER; TAVARES, 2009).

De fato, a obtenção de eletricidade no Brasil a partir da hidroeletricidade é muito acima da média mundial. Enquanto o padrão mundial é de 65% de eletricidade obtida por fontes de combustíveis fósseis e apenas 16% de hidroeletricidade, no Brasil a geração hidrelétrica responde por 82% de toda a eletricidade ofertada no país (ABRANCHES, 2009).

Porém, o uso do potencial hidrelétrico traz certas contradições que nem sempre são considerados adequadamente nas análises que envolvem este tipo de energia renovável. Uma série de impactos socioeconômicos e ambientais relaciona-se diretamente ao uso da energia hidrelétrica, destacando-se:

a) O deslocamento populacional de áreas alagadas para a formação de represas e a consequente alteração da dinâmica de vida local que o represamento provoca e que, muitas vezes, inviabiliza a continuidade de atividades econômicas anteriormente exercidas pela população da região, como a pesca, bem como a interferência em culturas locais, como nas comunidades quilombolas, ribeirinhas e indígenas (FERNANDEZ; BURSZTYN, 2008).

b) A perda da qualidade da água pela formação de lagos artificiais, o desmatamento, a perda de espécies da fauna e flora e a formação de processos erosivos são alguns dos impactos ambientais que estão

associados à construção de usinas hidrelétricas (WERNER; TAVARES, 2009).

c) A possibilidade dos reservatórios das hidrelétricas estarem contribuindo para a intensificação da emissão de gases do efeito estufa oriundas da matriz energética brasileira.

Este último aspecto merecerá uma atenção maior. A partir dos anos 1990, as hidrelétricas passaram a ser alvo de questionamentos a respeito da contribuição de seus reservatórios na emissão de gases do efeito estufa através da liberação de gases, sobretudo o metano (CH_4), gerados pela decomposição da biomassa em sua bacia de acumulação, que foi ali depositada pelo processo de represamento da água (ROSA, et al., 2008).

As críticas adquiriram maior força quando um estudo realizado por Rosa, Schaeffer e Santos (1996) envolvendo as hidrelétricas da região amazônica constatou que as emissões da usina de Balbina eram mais elevadas do que as de uma termelétrica, movida a carvão mineral.

A questão central envolvendo o polêmico debate das hidrelétricas gira em torno das emissões de Metano (CH_4) à jusante da represa, ou seja, após a água passar pela turbinas. Quanto maior a profundidade da represa mais elevada se torna a concentração de metano, cujo potencial de aquecimento global é 21 vezes maior do que o dióxido de carbono. Quando a água emerge das turbinas ela provém de tomadas d'água situadas a uma profundidade que varia, na média, de 15 a 30 metros, isto é, com uma carga expressiva de CH_4 , que estava retido no fundo dos reservatórios e é lançado na superfície por ocasião da liberação da água represada (FEARNSIDE, 2002).

Outra fonte importante de emissões é o CO_2 liberado na atmosfera pela decomposição das partes das árvores inundadas que se projetam acima da superfície da água.

As duas situações acima descritas respondem por quantidades significativas das emissões de GEE das usinas hidrelétricas. No entanto, estas não são contabilizadas nas estatísticas oficiais, que consideram apenas as emissões da superfície da represa, uma parcela relativamente pequena do impacto total (FEARNSIDE, 2004).

Como destacam Rosa, et al. (2008), as polêmicas envolvendo as hidrelétricas sugerem que deveriam ser feitos estudos adicionais para compreender as diferentes formas de fluxo de carbono e suas distintas escalas espaciais e temporais. Este procedimento ajudaria a entender melhor a real contribuição dos reservatórios para o efeito estufa.

Na ausência desse tipo de estudo indicado, assume-se genericamente que este tipo de energia é considerada “limpa”. Mas isso

é uma simplificação que pode conduzir a erros indesejáveis na análise e formulação de políticas energéticas de caráter efetivamente sustentável.

4.3 AS CONTROVÉRSIAS ENVOLVENDO OS BIOCOMBUSTÍVEIS

Assim como a energia hidrelétrica, a produção de biocombustíveis no Brasil também apresenta polêmicas acerca de sua sustentabilidade, tanto em termos sociais como ambientais.

Com a perspectiva de que o consumo dos dois principais biocombustíveis produzidos no Brasil (etanol da cana de açúcar e biodiesel) representará, como destacado na tabela 28, aproximadamente 7% do consumo energético final no ano de 2010, tendo o setor de transportes como o principal demandante, torna-se imperativo a análise dessas controvérsias no debate sobre a sustentabilidade da MEB.

Tabela 28 – Projeção do Consumo Final de Etanol & Biodiesel -2010

	Em milhões de tep	
	Etanol da Cana de Açúcar	Biodiesel
Consumo Setor de Transportes	9.616	2.798
Consumo Final (CF) do energético na MEB	10.077	3.631
Participação do Transporte no Consumo Final	95,43%	77,06%
Consumo Final Total da MEB	206.149	
Participação Etanol + Biodiesel no CFT (%)	6,65%	

Fonte: MEN, 2030.

No que se refere aos aspectos sócio-econômicos da produção de biocombustíveis, verifica-se que tanto o cultivo da cana de açúcar quanto o da soja, principal insumo produtivo do biodiesel, ocorre em grandes propriedades e com caráter monocultor.

No caso do álcool, por exemplo, dos 5 milhões de hectares plantados com cana em 2005, somente 20% eram oriundos de pequenas e médias propriedades (NETO, 2006).

Este modelo de produção assentado nas grandes propriedades favorece a ocorrência de diversas situações indesejáveis, como a concentração de renda, a violação de direitos trabalhistas e a exclusão dos trabalhadores do campo, esta última como consequência direta da mecanização de todo o ciclo produtivo da cana-de-açúcar (NETO, 2006). Adicionalmente, estudos apontam que a produção monocultora em grandes propriedades também favorece a violação de direitos humanos, como a prática de trabalho escravo e infantil (BARBOSA, 2007).

Outra questão importante na esfera sócio-econômica refere-se à possível competição que estaria ocorrendo entre a produção de biocombustíveis e o abastecimento alimentar. A elevação dos preços das commodities agrícolas nos últimos anos reacendeu o debate envolvendo essa questão. Como destaca Flexor (2008), a elevação dos preços não pode ser atribuída exclusivamente ao aumento da produção de biocombustíveis, porém existem análises consistentes que mostram a existência de um mecanismo de transmissão parcial de preços entre a produção de biocombustíveis e algumas commodities, sobretudo o milho, a soja, o trigo e a cana-de-açúcar.

Na mesma direção caminha o posicionamento da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO), que vem manifestando em seus relatórios certa preocupação sobre o fato de que a procura crescente por biocombustíveis pode conduzir a uma pressão nos preços de produtos agrícolas e gêneros alimentícios no longo prazo (FAO, 2008).

Com relação às questões ambientais, existe uma ampla controvérsia envolvendo a produção dos biocombustíveis. Um dos debates refere-se ao manejo ambiental da produção dos insumos. Apesar do etanol da cana-de-açúcar estar sendo considerado uma energia “limpa”, o processo de colheita da cana gera impactos negativos sobre o solo e as fontes de água próxima ao cultivo. A queimada, que serve para facilitar a colheita, destrói a maior parte dos micro-organismos presentes no solo, polui o ar e provoca doenças respiratórias. Junte-se a isso o emprego de amplas quantidades de herbicidas e pesticidas no cultivo da cana, da soja e da mamona, além do uso de espécies geneticamente modificadas, cujos impactos ambientais, em sua maioria, ainda são desconhecidos.

Em estudo recente, Andrade, et al. (2009) construíram um índice de qualidade ambiental para o cultivo da cana-de-açúcar no estado de São Paulo, principal produtor nacional. Os resultados encontrados foram no sentido de uma baixa qualidade ambiental, que pode ser explicada pelo emprego de fertilizantes em quantias superiores às recomendadas, além da não manutenção de áreas destinadas à mata ciliar e reserva legal.

Outro aspecto a ser considerado é o elevado consumo de água, um bem renovável, porém escasso, que ocorre na agroindústria canieira, seja na etapa de plantio/cultivo ou na fase de destilação do etanol.

Estudo de Pereira (2009) para o estado de São Paulo, responsável por mais de 60% da produção da cana-de-açúcar e derivados, chegou à conclusão de que a indústria sucroalcooleira pode comprometer o abastecimento de água no estado paulista.

Na parte agrícola, a demanda hídrica do cultivo da cana é cerca de três vezes maior do que a demanda da soja e quase o dobro do consumo de água na cultura do café, sugerindo que seu cultivo pode propiciar um impacto muito superior no balanço hídrico de um território do que a soja e o café, produtos conhecidos como grandes consumidores de água (PEREIRA, 2009; BRITO, 2006).

Outra questão igualmente preocupante refere-se ao fato da maneira que a produção de biocombustíveis poderia estar influenciando a expansão da fronteira agrícola, sobretudo nas regiões do Cerrado e da Amazônia. Este movimento poderia repercutir no incremento das emissões de gases do efeito estufa decorrente da própria mudança do uso do solo.

Nesta lógica, estudos internacionais revelam que a produção em massa de oleaginosas acarretou a devastação de grandes áreas de florestais, destacando-se os exemplos do óleo de palma na Indonésia, Colômbia e Equador (BARBOSA, 2007). Este fato se constitui em um precedente preocupante para a produção brasileira de biocombustíveis.

Um argumento amplamente utilizado pelos trabalhos mais céticos, que não enxergam riscos no aumento do desmatamento decorrente da expansão da produção dos biocombustíveis, refere-se ao fato de que o Brasil possui terras agricultáveis mais do que suficientes para o incremento dessa produção (BNDES, 2010). Apesar de ser procedente a informação sobre a disponibilidade de terras, o foco do debate deveria se concentrar no fato de que a expansão dessas culturas, especialmente a soja e a cana-de-açúcar, tende a deslocar outras culturas menos lucrativas para regiões de fronteira agrícola do país, sobretudo na

direção do bioma amazônico, ocasionando o desmatamento da região (VIEIRA JUNIOR, et al., 2009).

Na mesma linha de raciocínio, LAPOLA, et al. (2010) apontaram uma série de efeitos diretos e indiretos sobre as emissões decorrentes da mudança do uso do solo estimuladas pelo plano brasileiro de expansão da produção de biocombustíveis. Segundo os autores, a ampliação das lavouras para a produção dos insumos do biodiesel e etanol, deslocaria as lavouras destinadas à produção de alimentos na direção da floresta amazônica, causando um impacto, em termos de emissões de carbono, que os biocombustíveis ali produzidos levariam cerca de 250 anos para neutralizá-lo.

4.4 SÍNTESES DO CAPÍTULO

É inegável que o Brasil possui uma matriz energética com custos menores que a maioria dos países para a transição rumo a uma economia de baixa emissão de carbono. Porém, essa situação vantajosa em relação à média mundial não permite que o país deixe de se preocupar com o viés ambiental na estrutura de oferta e consumo da energia.

A tendência de deterioração da maioria dos indicadores apresentados neste capítulo, bem como as controvérsias existentes envolvendo as duas principais fontes de energia renovável no país trazem preocupações extremamente relevantes.

A reversão de algumas das tendências negativas atuais do setor energético brasileiro será possível se a postura da política energética brasileira sofrer uma inflexão, reduzindo sua excessiva preocupação sobre a expansão da oferta energética e ampliando o foco de maneira mais incisiva sobre o consumo energético brasileiro.

Debatendo as fontes de energia, Sachs (2008) afirma que a melhor energia não é a do tipo renovável, mas sim aquela que se deixa de consumir, isto é, antes de direcionar as preocupações para o padrão energético, deve-se questionar se a energia consumida é de fato necessária. Em outras palavras, o autor quer dizer que, em outras palavras, o autor quer dizer que, antes de qualquer coisa, a política energética deve procurar reduzir os desperdícios e aumentar a eficiência no consumo energético.

Nesse sentido, um dos grandes problemas do consumo energético brasileiro é o setor de transportes, que sozinho responde por

mais de 50% dos combustíveis fósseis do país, sendo responsável por 8% de todas as emissões de GEE do país no ano de 2005.

Some-se a isso o fato de que a atual estrutura de transportes é ineficiente em termos logísticos e energéticos. Por isso, entender o consumo energético do setor, apontando suas contradições e equívocos é um importante exercício para se compreender melhor os focos de insustentabilidade da matriz energética brasileira. Este é o assunto que será desenvolvido no capítulo seguinte.

5 O SETOR DE TRANSPORTES BRASILEIRO E SUA SUSTENTABILIDADE

INTRODUÇÃO

Como discutido nos capítulos anteriores, qualquer atividade humana provoca impactos sobre o meio ambiente, os quais ocorrem em níveis diferentes de acordo com o tipo de intervenção.

Por estar intimamente ligado ao nível de atividade econômica, o transporte de cargas e de pessoas se constitui em um importante campo de análise nas relações entre economia e meio ambiente.

Além da comprovada correlação positiva entre demanda por transporte e crescimento econômico, a análise dos impactos do setor sobre o meio ambiente também é justificada devido ao seu elevado consumo energético que, por se basear primordialmente em combustíveis fósseis, apresenta importante repercussão sobre as emissões de gases do efeito estufa de origem antrópica (SCHIPPER; MARIE-LILLIU; GORHAM, 2000; BALASSIANO; D'AGOSTO, 2009). No Brasil, a título de exemplo, cabe destacar que, em 2007, 61% do consumo total de derivados de petróleo decorreu da demanda energética da matriz de transportes.

Ribeiro (2007) destaca a importância dos estudos realizados pelo IPCC sobre o efeito estufa e as mudanças climáticas relativos ao setor de transportes. Em seus quatro relatórios divulgados até o momento, envolvendo projeções e conhecimentos acerca das mudanças climáticas, esse organismo internacional reservou capítulos específicos para a discussão sobre as emissões de GEE oriundas dos transportes.

De acordo com dados de consumo energético e emissões de CO₂ para o setor de transportes apresentados em Schipper, Marie-Lilliu e Gorham (2000), a partir da década de 1990 é possível perceber uma redução nas taxas de crescimento destas duas variáveis para a maioria dos países componentes da OCDE, sobretudo os de maior nível de industrialização. Por outro lado, países da Ásia, do Oriente Médio e da América Latina, vêm apresentando taxas de crescimento cada vez maiores para as mesmas variáveis a partir daquela década.

Os autores destacam que este aumento acima da média nas regiões mencionadas reflete a combinação de dois aspectos: a crescente demanda por meios de transporte, sobretudo veículos de passeio, e o baixo grau de importância que os países da região vêm dispensando ao setor de transportes na discussão da sustentabilidade, em detrimento de

outras discussões consideradas mais prioritárias e urgentes, como o debate sobre o desmatamento (SCHIPPER; MARIE-LILLIU; GORHAM, 2000).

Em outras palavras, o que se percebe é que existe uma nítida diferença na priorização da questão da sustentabilidade dos transportes nos distintos grupos de países. Por possuírem baixas emissões relacionadas à mudança no uso do solo (desmatamento), os países ditos industrializados tendem a buscar inovações tecnológicas e mudanças na composição da matriz logística que reduzam as emissões no setor de transportes em uma velocidade maior dos que os países em desenvolvimento.

O caso brasileiro enquadra-se perfeitamente na percepção acima mencionada. Com a maioria de suas emissões de GEE, cerca de 75%, originadas de mudanças no uso da terra e florestas, representadas sobretudo pelo desmatamento da Amazônia e do Cerrado e pelas emissões do setor agropecuário, é natural que as ações governamentais do país se concentrem nessa temática específica (VEIGA, 2010).

No entanto, a questão envolvendo o uso do solo tende a ser equacionada num horizonte temporal não muito longo, ao se implementarem medidas de combate ao desmatamento e de controle de emissões do setor pecuário. Por outro lado, questões envolvendo outros setores da economia, como indústria e transporte, tendem a apresentar maior complexidade na redução de suas emissões de GEE, até mesmo porque demandam maiores investimentos, seja na busca de inovações ou na construção de novas infraestruturas (VEIGA, 2010).

Por apresentar um consumo energético acima da média mundial, como será apontado nas próximas seções, o setor de transportes brasileiro apresenta-se como um grave problema a ser resolvido no que se refere às emissões de GEE, sobretudo de seu principal gás, o Dióxido de Carbono (CO₂).

Desta maneira, este capítulo discute o setor de transportes brasileiro com o objetivo de realçar a importância que o mesmo possui no debate sobre a sustentabilidade da matriz energética brasileira. Para isso, além desta breve introdução, o capítulo conta com mais seis seções: na primeira são identificados os tipos de transportes (modais) existentes e suas participações na matriz logística mundial. Na segunda seção é apresentada a evolução histórica do setor de transportes brasileiro. Na terceira seção é descrita a atual estrutura da matriz logística brasileira, apontando-se a distribuição modal da mesma. A quarta seção discute o consumo energético do setor de transportes, sendo realizadas algumas comparações com outros setores da economia.

A quinta seção traça um panorama das emissões de CO₂ do setor de transportes e efetua uma análise comparativa internacional. A sexta seção apresenta algumas considerações sobre a temática do capítulo.

5.1 OS DIFERENTES TIPOS DE TRANSPORTES E SUAS PARTICIPAÇÕES NA MATRIZ LOGÍSTICA MUNDIAL

Os tipos (modais) de transportes são divididos em cinco grupos: rodoviário, ferroviário, aquaviário, aeroviário e dutoviário (somente para cargas). Cada um desses tipos apresenta vantagens e desvantagens específicas, conforme o quadro 3 indica.

Devido ao fato de que esses distintos modais detêm rendimentos e necessidades energéticas diferenciadas, cada qual provoca implicações distintas no que se refere ao consumo energético e às emissões de gases do efeito estufas.

Como forma de reduzir custos e desperdícios, especialmente em relação ao consumo de energia, e visando potencializar as vantagens antes elencadas, o uso integrado dos modais vem sendo estimulado pelas políticas públicas do setor em diversas partes do mundo. Essa combinação recebe a denominação de multimodalidade e, segundo Mattos (2001) as mais usuais são: rodoviário + ferroviário, rodoviário + aéreo, rodoviário + aquaviário e ferroviário + aquaviário.

Quadro 3 - Principais vantagens e desvantagens dos modais de transporte

		Vantagens	Desvantagens
MODAIS	Rodoviário	1- Adequado para curtas e médias distâncias	1- Elevado custo operacional
		2- Baixo custo de implementação	2- Fretes mais elevados em alguns casos
		3- Agilidade no acesso às cargas	3- Menor capacidade de carga entre todos os outros modais
		4- "Serviço de porta a porta", isto é, mercadoria sofre apenas uma operação de carga e descarga	4- Menor competitividade para longas distâncias
	Ferroviário	1- Adequado para longas distâncias e grandes quantidades	1- Diferença na largura das bitolas
		2- Menor custo de seguros	2- Menor flexibilidade no trajeto
		3- Menor custo de frete	3- Necessidade de maior transbordo
	Aquaviário	1- Custos de perdas e danos são considerados baixos	1- Baixa velocidade quando comparado aos demais modais
		2- Baixo custo de implementação	2- Disponibilidade e confiabilidade fortemente influenciadas pelas condições meteorológicas
	Aeroaviário	1- Mais rápido	1- Menor capacidade de carga
		2- Não necessita embalagem mais reforçada	2- Valor de frete mais elevado em relação a outros modais
			3- Elevado custo operacional
Dutoviário	1- Alta confiabilidade	1- Número limitado de serviços e capacidade.	
	2- Pouco influenciado por fatores meteorológicos		

Fonte: FIESP, 2010.

No que se refere ao emprego dos diferentes modais de transporte no mundo, pode-se perceber que, em geral, existe uma predominância do modal rodoviário, tanto para o transporte de passageiros quanto para o de carga. Essa participação, no entanto, assume diferentes graus de importância, conforme pode ser observado nas informações compiladas nas tabelas 29 e 30, que apresentam os números e os percentuais dos transportes de passageiros e cargas para alguns países selecionados.

Com relação ao transporte de passageiros (tabela 29) pode-se perceber que, com exceção da Rússia, o modal rodoviário predomina como principal tipo de transporte. No entanto, o transporte ferroviário também é amplamente empregado, com participação acima de 30% em países como China, Rússia e Japão. Outro ponto que merece destaque na análise dos dados é o significativo volume de passageiros transportados pelo modal aeroviário nos EUA e na Rússia, com 8,8% e 25,8%, respectivamente. Esses percentuais representaram, respectivamente, 561 e 122,6 bilhões de passageiros-quilômetro (pkm)¹⁹.

Tabela 29 - Perfil da Matriz Logística do Transporte de Passageiros - Diversos Países – 2008

	União Européia		EUA		Japão		China		Rússia	
Rodoviário	5271,7	82,7%	7444,8	87,8%	859	63,6%	1263,6	54,1%	124,8	26,2%
Ferrovário	498,2	7,8%	58,2	0,7%	404,6	30,0%	777,9	33,3%	227,5	47,8%
Aquaviário (1)	40,9	0,6%	0,6	0,0%	5,5	0,4%	7,5	0,3%	0,9	0,2%
Aeroviário	561	8,8%	977,8	11,5%	81	6,0%	288,3	12,3%	122,6	25,8%
Total em Bilhões de pkm (2)	6371,8	100,0%	8481,4	100,0%	1350,1	100,0%	2337,3	100,0%	475,8	100,0%

Fonte: European Commission (2010).

(1) – Incluem o transporte marítimo

(2) - Incluem apenas o transporte doméstico. Para a União Européia também é contabilizado os deslocamento entre os países integrantes.

¹⁹ As estatísticas de transportes de passageiros e de cargas são expressos em passageiro-quilômetro e tonelada-quilômetro. São calculados da seguinte forma: 1) Passageiro-quilômetro(pkm), multiplica-se o número total de passageiros pela quantidade total de quilômetros percorridos, a título de exemplo: um ônibus transportando 50 passageiros por 100 quilômetros resulta em 5000 passageiros-quilômetro; 2) Tonelada-quilômetro(tkm): é dada através do produtos entre o total da carga transportada, em toneladas, vezes os total de quilômetros percorridos por esta carga.

Do grupo de países apresentados na tabela 29, os EUA foi o país que mais transportou passageiros no ano de 2008, com 8.481 bilhões de pkm, o que representou 34% do total de passageiros dos países considerados.

Tomando-se os números dos quatro países e da União Européia de maneira agregada, no ano de 2008 o transporte de passageiros ficou distribuído pelos setores da seguinte forma: setor rodoviário, 78,7%, setor ferroviário, 10,3%, setor aquaviário, 0,3% e setor aeroviário, 10,7%.

No que se refere ao transporte de carga relativo à União Européia, EUA, Japão, China e Rússia, os dados da tabela 30 revelam existir uma maior distribuição entre os modais, comparativamente ao transporte de passageiros, não existindo a tendência dominante do modal rodoviário que ocorre nesse segmento.

Tabela 30 - Perfil da Matriz Logística do Transporte de Cargas - Diversos Países

	União Européia (2008)		EUA (2007)		Japão (2008)		China (2007)		Rússia (2008)	
Rodoviário	1877,7	45,9%	1922,9	31,0%	346,4	62,3%	1135,5	11,2%	216,3	4,4%
Ferrovário	442,7	10,8%	2656,6	42,9%	22,3	4,0%	2379,7	23,5%	2116,2	42,8%
Aquaviário (1)	1643,3	40,2%	805,3	13,0%	187,5	33,7%	6428,5	63,5%	149,0	3,0%
Dutoviário	124,1	3,0%	814,2	13,1%			186,6	1,8%	2464,0	49,8%
Total em Bilhões de tkm (2)	4087,8	100,0%	6199,0	100,0%	556,2	100,0%	10130,3	100,0%	4945,5	100,0%

Fonte: European Commission (2010).

(1) - Incluem o transporte marítimo

(2) - Incluem apenas o transporte doméstico. Para a União Européia também é contabilizado o deslocamento entre os países integrantes.

O modal rodoviário possui predominância apenas no Japão, com 62,3% do total transportado, e na União Européia, onde possui uma participação pouco acima do modal aquaviário. No caso do Japão fica clara a opção pela integração entre os modais rodoviário e aquaviário, aqui sendo incluído o transporte marítimo. Estas duas modalidades respondem conjuntamente por 96% do total da carga transportada naquele país.

O modal ferroviário possui elevada participação na China, Rússia e EUA, sendo neste último país o principal meio de transporte de cargas. O uso elevado do transporte ferroviário nesses países está

diretamente associado às elevadas dimensões territoriais dos mesmos, fato que favorece o emprego deste modal, além das questões históricas, que remontam aos séculos XVIII e XIX, quando o emprego das ferrovias começou a se massificar.

O modal aquaviário é amplamente utilizado em países como União Européia, Japão, e China. A elevada participação relaciona-se diretamente às questões geográficas destes países que, por possuírem uma geografia recortada e com vários rios navegáveis utilizam-se das vantagens comparativas que este tipo de modal oferece.

Com relação ao modal dutoviário, percebe-se uma participação secundária na maioria dos países. A exceção fica por conta da Rússia, que para escoar sua elevada produção de gás e petróleo emprega amplamente este modal, tornando-o predominante frente aos demais tipos de transporte de carga.

5.2 EVOLUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO HISTÓRICA DO SETOR DE TRANSPORTE BRASILEIRO

A história do setor de transportes brasileiro iniciou ainda no período colonial, quando os vastos recursos hidrográficos e as tecnologias disponíveis na época induziram os colonizadores a lançar mão do transporte hidroviário como o principal meio transporte de mercadorias e pessoas na colônia, estruturando um perfil que iria se manter intacto até a primeira fase imperial do Brasil (GOMES, 2006).

Com o advento da segunda fase imperial brasileira e as mudanças ocorridas na economia brasileira, como o crescimento da lavoura cafeeira, a nação carecia de um meio de transporte mais adequado para o escoamento de sua produção agrícola até os portos. Foi nessa conjuntura que a implantação de estradas de ferros, cuja tecnologia já estava bastante difundida na Europa, passou a ser adotada no Brasil. A partir de então, passaria a se consolidar como o principal tipo de transporte no Brasil. O marco inicial da consolidação do transporte ferroviário no país foi a inauguração da primeira estrada de ferro brasileira, em 1854, ligando o Porto de Mauá, na Baía de Guanabara, ao início da serra de Petrópolis e que foi batizada com Estrada de Ferro Mauá, uma homenagem ao seu idealizador, Irineu Evangelista de Souza, o Barão de Mauá (DNIT, 2009).

A tabela 31 apresenta a evolução do crescimento da malha ferroviária no Brasil entre os anos de 1854 e 1953. Pode-se perceber que

o grande crescimento das estradas de ferro no país ocorreu principalmente entre as décadas de 1870 e 1920.

A predominância das ferrovias duraria até a década de 1920, quando a difusão dos veículos automotores e a necessidade de uma maior penetração e ocupação do território brasileiro fizeram com que a construção de estradas terrestres fosse vista como uma exigência para o progresso econômico que o país almejava²⁰.

Tabela 31 - Crescimento da malha ferroviária no Brasil

Período	Crescimento (km)
1854 - 1863	428
1864 - 1873	70
1874 - 1883	4.225
1884 - 1893	6.131
1894 - 1903	4.525
1904 - 1913	8.604
1914 - 1923	5.311
1924 - 1933	3.148
1934 - 1943	1.698
1944 - 1953	2.248
Malha Total em 1953	36.388
Malha Total em 2009	29.796

Fonte: DNIT (2009).

A partir de então o sistema de transportes brasileiro começou a ganhar os primeiros contornos do perfil que permanece até os dias atuais, qual seja, a centralização em torno do modal rodoviário. A criação do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), em 1937, foi um dos marcos iniciais dessa centralização, que fazia parte do projeto desenvolvimentista que o presidente Getúlio Vargas (1930-1945) estava implementando no país (USP, 2010).

²⁰ Data da década de 1920 a célebre frase “*Governar é povoar, mas não se povoa sem se abrir estradas... Governar é, pois, fazer estradas!*”, do então governador do Estado de São Paulo Washington Luís, que mais tarde iria se tornar Presidente da República (1926 – 1930).

Com o advento do Plano de Metas (Governo Juscelino Kubistchek, 1956-1961) e com a implantação da indústria automobilística nacional, essa modalidade de transporte passou a ser priorizada ainda mais em todo o sistema econômico nacional.

Melo e Fonseca (1983) destacam que por trás da mudança no perfil da matriz de transportes brasileira, cuja fase mais acentuada ocorreu no governo de Juscelino Kubistchek, residiam diagnósticos da economia brasileira, como aqueles elaborados pela missão Cooke e pela comissão mista Brasil-EUA, que apontavam que a ausência de uma infraestrutura logística de transportes era um dos principais “gargalos” da economia brasileira para a consolidação de sua etapa de industrialização.

A carência de vias e meios de transportes modernos capazes de integrar o território nacional e agilizar a movimentação de produtos e insumos sugeria que o problema da economia brasileira era o setor de transportes e, dentro deste, a inexistência de estradas de rodagem modernas aparecia como o ponto central da questão (LAMBERT apud MELO; FONSECA, 1983).

Com o Plano de Metas houve um grande esforço governamental para reestruturar o sistema de transportes de carga e passageiros, com a canalização de recursos para o estabelecimento de uma infraestrutura viária moderna, capaz de oferecer as condições atrativas para a entrada da indústria automobilística estrangeira (MELO; FONSECA, 1983).

O resultado desses investimentos foi o aprofundamento da dependência em relação ao transporte rodoviário a partir da segunda metade da década de 1950 e a concomitante redução da participação dos demais modais na matriz de transportes brasileira, como pode ser visto nas tabelas 32 e 33.

Em relação ao transporte de cargas (tabela 32), observa-se que em 1950 o transporte rodoviário já predominava frente aos demais modais, situação que se ampliou com a implementação das medidas daquela década e que resultou num salto de 30% da participação relativa deste modal entre os anos de 1955 e 1965 comparativamente aos demais tipos de transportes.

Entre os anos de 1965 e 1980 a expansão do setor rodoviário continuou, com este tipo de transporte tendo representado 70,5% de toda a carga transportada no país no ano de 1980.

A expansão do setor rodoviário de cargas trouxe reflexos negativos para as demais modalidades, que viram sua participação conjunta reduzir-se de 62% em 1950 para 29,5% em 1980, fato que trará consequências perversas para o sistema logístico brasileiro, sobretudo

no que se refere aos custos de transportes, que são mais elevados no modal rodoviário (LIMA, 2010).

Tabela 32 – Participação das Modalidades de Transporte - Carga 1950-1980

Ano	Rodoviário	Ferrovial	Aquaviário	Dutoviário	Aéreo
1950	38	29,2	32,4	nd	0,4
1955	52	21,2	25,8	nd	0,2
1960	60,5	18,7	20,6	nd	0,1
1965	67,5	17,6	14,6	nd	0,2
1970	69,6	16,9	12,1	1,3	0,1
1980	70,5	16,3	10,1	2,9	0,2

Fonte: Barat (1978).

No transporte de passageiros também houve um aumento da participação do modal rodoviário, que apresentou sua elevação mais significativa entre os anos de 1955 e 1965, quando ocorreu uma elevação de 16%. Apesar de este segmento apresentar uma predominância do setor rodoviário já no ano de 1950, consequência da opção rodoviária adotada pelo país ainda na década de 1930, o que a tabela 33 revela é que a partir de 1955 a expansão desse setor impactou significativamente os outros tipos de transporte.

O transporte ferroviário de passageiros teve sua participação relativa reduzida de 17,4%, em 1950, para 1,3%, em 1978. Contribuiu para essa queda abrupta a redução da utilização deste modal no transporte público urbano, sobretudo de trens e bondes, que passaram a ser substituídos por ônibus, principalmente a partir da década de 1960 (SET/RJ, 2010).

O transporte aquaviário também apresentou redução no período, tendo passado de 0,18%, em 1950, para 0%, em 1978. Ou seja, este modal foi praticamente eliminado do transporte de passageiros. Essa queda explica-se pelo aumento da oferta de infraestrutura rodoviária, principalmente no interior do país, que permitiu a substituição de embarcações por veículos automotores para o transporte de passageiros (SET/RJ, 2010).

Tabela 33 - Participação das Modalidades de Transportes - Passageiros 1950-1978

Ano	Rodoviário	Ferrovário	Aquaviário	Aéreo
1950	76,31	19,89	0,18	3,62
1955	78,48	17,47	0,09	3,96
1960	84,58	11,76	0,05	3,61
1965	91,14	7,4	0,03	1,43
1970	93,5	4,7	0	1,8
1980	96,4	1,3	0	2,3

Fonte: Barat (1978)

Embora, no curto prazo, a consolidação da infraestrutura de transportes em torno do sistema rodoviário tenha logrado êxito em oferecer as condições logísticas necessárias para a industrialização brasileira, sob uma perspectiva de médio e longo prazo, a dependência da economia brasileira em relação ao transporte rodoviário irá se mostrar inadequada sob diversos aspectos.

Do ponto de vista puramente logístico, ao invés do crescimento relativo do meio rodoviário resultar numa complementação às demais modalidades de transportes, como seria o desejável, o que ocorreu foi uma concorrência entre os diversos modais, que não trouxe nenhuma vantagem para economia nacional. Isto porque a política de transportes implementada ignorou as vantagens comparativas que os transportes ferroviários e aquaviários possuíam em algumas regiões do país.

Outro reflexo da concentração do setor logístico em torno do modal rodoviário refere-se ao preço dos fretes e passagens praticados no país, uma vez que o transporte rodoviário possui custos relativamente maiores que os dos demais modais.

Em estudo sobre os custos logísticos na economia brasileira, Lima (2010) apontou o elevado custo do transporte rodoviário de carga como uma dos motivos que oneram em demasia a logística de transporte no Brasil, fato que acaba provocando perda de competitividade externa. A tabela 34 apresenta os custos, calculados por Lima (2010), relativos a cada modal no transporte de cargas.

Na coluna 4, que indica o custo em reais de cada 1000 toneladas quilômetro transportada, o setor aéreo se destaca como o mais custoso, com R\$ 1.762,00/ 1000 tkm, no entanto o volume de carga

transportado por esse modal representou apenas 0,1% de toda a carga transportada no Brasil no ano de 2004.

Tabela 34 - Custos do Transporte de Cargas no Brasil – 2004

Modal	1	2	3	4
	Bilhões tkm	% tkm	Custo (Bilhões R\$)	R\$ / tkm x 1000
Aéreo	1	0,1	1,9	1762
Dutoviário	39	4,5	2,1	54
Aquaviário	105	12,2	7,3	70
Rodoviário	512	59,3	109,2	213
Ferrovário	206	23,8	7,5	36

Fonte: Lima (2010).

Embora o modal rodoviário tenha sido considerado o segundo mais caro, R\$ 213,00/1000 tkm, foi o responsável por quase 60% da totalidade da carga transportada no país em 2004. Modais alternativos, como o ferroviário e o aquaviário, apesar de apresentarem um menor custo comparativamente ao rodoviário, transportaram uma quantidade de carga bem inferior a este último. Em síntese, o que os dados da tabela sugerem é que, sob uma ótica estritamente financeira, existe um grave problema na matriz logística brasileira para o transporte de cargas que, ao optar por movimentar a maioria de sua carga por um modal mais caro do que seus alternativos, acaba por prejudicar a própria competitividade dos produtos brasileiros.

Outros dois aspectos com repercussões negativas do sistema de transportes brasileiro, e que serão abordados na seção 5.4 deste capítulo, referem-se ao consumo de energia e aos impactos ambientais intrínsecos à opção rodoviária.

5.3 PERFIL ATUAL DA MATRIZ DE TRANSPORTES BRASILEIRA²¹

Como visto nas seções 5.1 e 5.2, a atual matriz logística possui uma elevada concentração no modal rodoviário, com dados muito acima da média mundial e discrepantes em relação aos demais países de dimensão continental como Brasil.

A partir do gráfico 6, que indica a participação percentual dos modais envolvidos no transporte de carga, é possível perceber a dependência que o setor possui em relação ao transporte rodoviário, que foi responsável por 61,1% do total transportado em 2006.

O modal ferroviário foi responsável por apenas 20% do total movimentado naquele ano, isto é, apenas a terça parte do que movimentou o setor rodoviário no mesmo ano. As principais mercadorias movimentadas por este modal foram o minério de ferro e a soja (ANTT, 2010).

O modal aquaviário aparece com 13,6%, sendo o terceiro modal mais importante, em termos de quantidade de carga transportada, da matriz logística brasileira. As principais cargas transportadas foram o minério de ferro e os combustíveis e óleos minerais, que juntos representaram mais de 55% de toda a carga transportada por essa modalidade (ANTAQ, 2010).

O modal dutoviário respondeu por 4,2% e se refere, basicamente, às mercadorias transportadas pelo conjunto de oleodutos e gasodutos existentes no Brasil. O gás natural e o petróleo e seus derivados foram as principais itens movimentados. Por fim, aparece o transporte aéreo, com 0,4% da carga movimentada, que se refere a produtos leves e de alto valor agregado.

²¹ Esta seção baseou-se em informações obtidas do extinto GEIPOT; da Confederação Nacional de Transportes - CNT; e da Agência Nacional de Transportes Terrestres - ANTT.

Gráfico 6 - Distribuição do Transporte de Cargas (%) - 2006

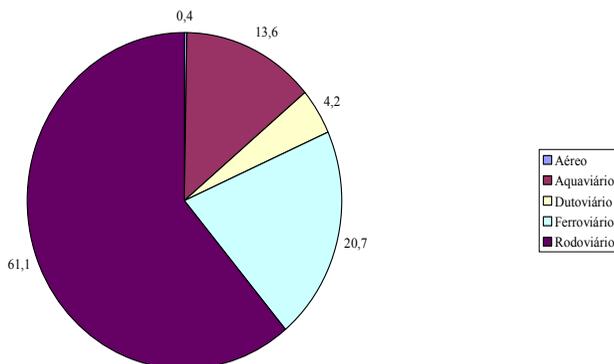


Gráfico 6 – Distribuição do transporte de cargas (%) - 2006

Fonte: CNT (2010).

Comparando os dados brasileiros com alguns países do mundo com grandes extensões territoriais e elevada relevância econômica, é possível perceber as contradições da matriz logística do Brasil. Como destacado na tabela 35, com exceção da União Européia, todos os demais exemplos internacionais possuem uma matriz logística mais diversificada que o Brasil. Ao contrário do caso brasileiro, EUA, China e Rússia utilizam-se amplamente do modal ferroviário para cobrir suas vastas extensões territoriais, fato que repercute favoravelmente sobre os custos relacionados ao transportes.

Tabela 35 - Matriz de Transportes de Cargas - Comparativo Internacional

	Brasil (2006)	EUA (2007)	China (2007)	Rússia (2008)	União Européia (2008)
Rodoviário	61,10%	31,0%	11,2%	4,4%	45,9%
Ferrovário	20,70%	42,9%	23,5%	42,8%	10,8%
Aquaviário (1)	14,00%	13,0%	63,5%	3,0%	40,2%
Dutoviário	4,20%	13,1%	1,8%	49,8%	3,0%

Fonte: European Commission (2010) e CNT (2010).

1 - O transporte aeroviário, cuja participação foi de 0,4%, está incluído.

O Brasil, por sua vez, concentra mais de 60% da movimentação de suas cargas em torno do modal rodoviário, um transporte menos eficiente energeticamente e mais caro, conforme destacado na seção anterior.

No que se refere ao transporte de passageiros, sua distribuição percentual por modal é apresentada no gráfico 7. Assim como no caso do transporte de cargas, também é possível constatar uma elevada predominância do modal rodoviário, que responde por aproximadamente 96% de todo o transporte. O destaque negativo desta distribuição é a ínfima participação do transporte por ferrovias, que poderia, por exemplo, servir como um meio alternativo para o transporte de massa a nível urbano ou interestadual, situação esta que atualmente ocorre apenas no Rio de Janeiro e em São Paulo.

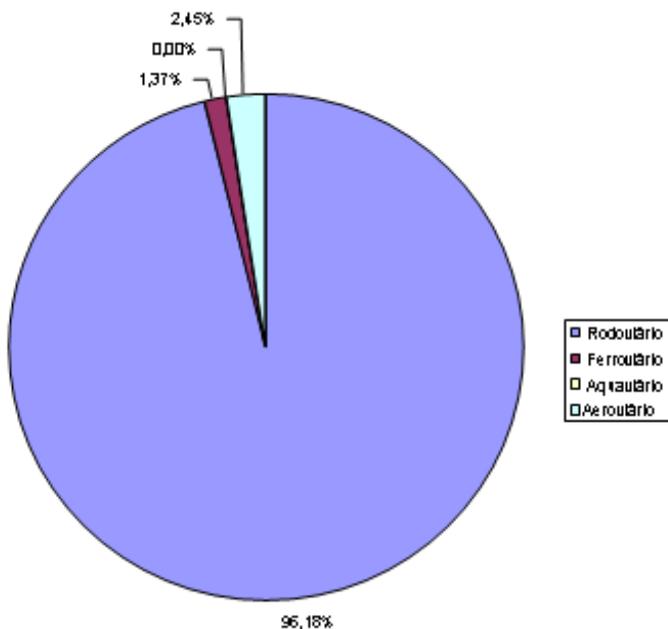


Gráfico 7 - Distribuição do Transporte de Passageiros no Brasil (%) - 2005
Fonte: GEIPOT (2010).

Comparando a situação brasileira do transporte de passageiros com alguns números internacionais, indicados na tabela 36, é possível perceber que países com elevada densidade populacional, como os EUA, também priorizam o transporte rodoviário. No entanto este viés

rodoviaria norte-americano é atenuado, em parte pelo modal aeroviário, que responde por 11,5% do transporte de passageiros daquele país.

Comparando-se o Brasil à Rússia e à China, a discrepância da distribuição brasileira se torna mais clara, uma vez que aqueles dois países asiáticos empregam fortemente o transporte ferroviário como forma de deslocar seus passageiros, além de também contar com uma parcela considerável de deslocamentos pelo modal aéreo.

Tabela 36 - Matriz de Transportes de Passageiros - Comparativo Internacional

	Brasil (2005)	EUA (2007)	China (2007)	Rússia (2008)	União Européia (2008)
Rodoviário	96,18%	87,8%	54,1%	26,2%	82,7%
Ferrovário	1,37%	0,7%	33,3%	47,8%	7,8%
Aquaviário	0,00%	0,0%	0,3%	0,2%	0,6%
Aeroviário	2,45%	11,5%	12,3%	25,8%	8,8%

Fonte: European Commission (2010) e GEIPOT (2010).

Com os dados acima indicados fica claro que a matriz logística brasileira é extremamente dependente do transporte rodoviário, fato que pode ser considerado um problema a ser resolvido, não só do ponto de vista econômico, como já mencionado, mas também pela ótica do consumo energético e dos impactos ambientais que esta concentração no segmento rodoviário acarreta ao país.

5.4 CONSUMO ENERGÉTICO NO SETOR DE TRANSPORTES BRASILEIRO

No ano de 2007 o consumo final energético (CFE) da economia brasileira foi de 215,6 milhões de tep. Desse total, o setor de transportes respondeu por aproximadamente 29%, tendo sido o segundo maior consumidor de energia daquele ano, sendo superado apenas pelo setor industrial, que demandou 40,7% do total do CFE.

A tabela 37 apresenta a evolução da participação dos setores da economia no CFE, onde podem ser constatadas algumas modificações importantes ao longo dos últimos 40 anos. A primeira delas é que a magnitude da expansão do consumo no setor de transportes foi significativa, a ponto de deslocar sua participação relativa da terceira

para a segunda posição entre os anos de 1970 e 2007, tendo saltado de 21,8% para 28,6% no período citado.

Tabela 37 - Evolução do Consumo Final Energético por Setor (Em %)

	1970	1985	2000	2007
Setor Energético	2,6	10,7	8,1	10,5
Setor Residencial	36,4	17,2	13,1	11,1
Setor Comercial	1,4	2,0	3,2	2,9
Setor Público	0,7	1,3	2,1	1,8
Setor Agropecuário	8,8	5,6	4,6	4,5
Setor de Transportes	21,8	25,3	30,1	28,6
Setor Industrial	28,4	37,9	38,8	40,7
Total (Em mil tep)	62.106	117.082	171.949	215.565

Fonte: BEN, 2008.

Este crescimento do consumo energético no setor de transportes explica-se, principalmente, pela manutenção do crescimento da participação relativa do modal rodoviário que, como afirmado anteriormente, é o principal componente da matriz logística brasileira.

Analisando-se o CFE comparativamente aos dados do PIB para o mesmo período (tabela 38), pode-se perceber que, embora o setor de transportes represente aproximadamente 29% do consumo de energia, sua representatividade em termos do Produto Interno Bruto foi da ordem de 4,9% do PIB total. Para efeitos de comparação, o setor industrial, líder do consumo energético, respondeu por 25,1% do PIB no ano de 2007.

Tabela 38 - Consumo Final Energético e Produto Interno Bruto

	1970			2007		
	PIB	CFE	PIB/CFE	PIB	CFE	PIB/CFE
Unidades: PIB em milhões de US\$ (2007); CFE em mil tep.						
Setor de Transportes	9.452	13.192	716,51	64.059	57.621	1111,72
Setor Industrial	106.468	17.198	6.190,57	329.400	81.915	4021,26
Total	306.200	60.635	5.049,87	1.313.929	201.409	6523,68

Fonte: BEN, 2008.

Uma boa medida de avaliar o consumo energético para a produção de riqueza, medida em termos de unidade monetárias do PIB, é a razão entre o PIB e o consumo final energético²². Esta relação entre as duas variáveis permite indicar a eficiência com que o setor consegue transformar energia em riqueza.

Pela tabela 38 é possível verificar que em 1970, para cada unidade de tep consumida no setor de transportes se produzia US\$ 716,5 enquanto que no mesmo ano o setor industrial gerava US\$ 6.190,57/tep. Ou seja, uma unidade de energia consumida no setor industrial agregava 8,6 vezes mais valor ao PIB do que a mesma quantidade de energia consumida nos transportes.

Em 2007, o setor de transporte aumentou sua eficiência na geração de riqueza, passando a produzir US\$ 1111,72/tep, ao passo que a indústria diminuiu a sua, gerando US\$ 4021,26/tep. No entanto, a grande diferença do retorno do consumo energético nos dois setores, em termos de PIB, ainda é significativa.

Analisando-se o setor de transportes em relação ao total geral, o quadro desfavorável para aquele setor torna-se ainda mais visível. Em 2007, para cada unidade consumida de energia o Brasil produziu US\$ 6.523,68, praticamente seis vezes mais do que a produção do setor de transportes, que foi de US\$ 1111,72/tep.

Uma das explicações para esse baixo rendimento do setor de transportes relaciona-se à significativa concentração que o setor possui em torno do modal rodoviário, notadamente menos eficiente energeticamente e mais oneroso do que seus pares, como os transportes ferroviário e aquaviário (Abranches, 2008 e Gonçalves e Martins, 2008).

No que se refere ao índice de intensidade energética no setor de transportes, isto é, o comportamento da relação Consumo de Energia/ PIB, o setor de transportes é, dentre todos os demais setores da economia brasileira, o que possui o maior índice, com 900 tep/ 10⁶US\$, sendo seguido de perto pelo setor industrial de papel e celulose, cuja intensidade energética gira em torno de 825 tep/ 10⁶US\$. Apesar desse índice ter decrescido em relação a 1970, quando o setor de transportes apresentava uma intensidade de 1396 10⁶US\$, a velocidade desta redução, que explica-se por uma série de variáveis como eficiência tecnológica e demanda por energia, foi limitada devido ao engessamento que o setor de transportes possui em relação ao modal rodoviário (MME, 2008).

²² A relação aqui discutida é PIB/ CFE, que não deve ser confundida com o Indicador de Intensidade Energética, calculado através da relação CFE/PIB.

5.4.1 O consumo de combustíveis fósseis nos transportes

Como já destacado em capítulos anteriores, a queima de combustíveis fósseis vem sendo apontada como o principal fator causador do aumento das emissões de gases do efeito estufa verificada a partir da primeira revolução industrial (STERN, 2007). Neste caso, o setor de transportes é visto como um dos principais emissores de GEE da economia, tendo em vista sua elevada dependência energética em torno dos combustíveis fósseis.

Do ponto de vista do consumo de derivados de petróleo por setores da economia (tabela 39), observa-se que desde a década de 1970 o setor de transporte domina o consumo deste tipo de energia, sendo que sua participação aumentou entre 1970 e 2007. Cabe destacar que entre esses anos ocorreu uma série de inovações no setor energético brasileiro como, por exemplo, a introdução do etanol em complemento/substituição à gasolina e, mais recentemente, a introdução do biodiesel para mistura na proporção de 5% no óleo diesel. No entanto, essas inovações não foram capazes de alterar a importância relativa do setor de transportes no consumo de derivados de petróleo, fato que sugere que apenas a introdução de biocombustíveis na matriz logística de transportes brasileira não garante, a priori, a atenuação da responsabilidade do setor de transportes, tanto no consumo de fontes energéticas fósseis como nas emissões de gases do efeito estufa.

Tabela 39 - Consumo Setorial de Derivados do Petróleo (%)

	1970	1985	2000	2007
Setor Energético	5,0	7,6	5,7	6,3
Setor Residencial	8,3	10,1	9,0	7,7
Setor Comercial	0,8	0,8	0,9	0,6
Setor Público	0,4	0,4	1,0	0,8
Setor Agropecuário	1,8	7,4	6,4	6,8
Setor de Transportes	58,2	56,3	57,6	61,0
Setor Industrial	25,4	17,3	19,4	16,8

Fonte: BEN, 2008.

A título de comparação, o setor industrial reduziu sua participação de 25,4% para 16,8% no consumo deste tipo de energético, sobretudo devido a inovações tecnológicas e diversificação de sua matriz energética, que saiu de uma situação de extrema dependência em torno de combustíveis fósseis na década de 70 para um quadro onde o emprego de energias renováveis encontra-se em plena expansão (MME, 2008).

O setor agropecuário apresentou, assim como o setor de transportes, um aumento de sua participação relativa no consumo de derivados do petróleo, saindo de 1,8%, em 1970, para 6,8%, em 2007. Este incremento pode ser explicado pelo aumento da mecanização do campo no período, fato que demandou cada vez mais a utilização de combustíveis, sobretudo o óleo diesel (MME, 2008).

O setor residencial apresentou uma leve redução no consumo de derivados de petróleo, de 8,3%, em 1970, para 7,7%, em 2007, e que pode ser explicada pelo aumento do consumo de energia elétrica nas residências.

Os setores público e comercial apresentaram um leve incremento no período. Em 1970, estes dois setores consumiam 1,2% do consumo de derivados, já em 2007 este consumo conjunto representou 1,4% do total.

A tabela 40 apresenta a evolução do consumo energético desagregada por modais do setor de transporte. De um modo geral, pode-se perceber a excessiva dependência que o setor possui em relação aos combustíveis fósseis.

No setor rodoviário, óleo diesel e gasolina automotiva respondiam por mais de 99% de todo o consumo do setor no ano de 1970. O advento do Proálcool na década de 1970 e a consequente introdução do álcool como combustível alternativo para a gasolina reduziu o consumo desta, que foi de 27,4%, em 2007, frente aos 64,9%, em 1970. No entanto, a substituição do uso de gasolina por óleo diesel na frota de ônibus e caminhões do Brasil, implementada na década de 1970, elevou o consumo de óleo diesel, que era de 34,3%, em 1970, e atingiu 52,4%, em 2007. Estas mudanças contribuíram para uma redução da participação dos combustíveis fósseis no segmento rodoviário, que foi de 99%, em 1970, para 83,7%, em 2007, um valor que ainda pode ser considerado elevado.

Tabela 40 - Consumo de Combustíveis por Modais

	1970	2007
SETOR RODOVIÁRIO		
Gás Natural	0,0	4,3
Óleo Diesel	34,3	52,4
Gasolina Automotiva	64,9	27,0
Álcool Etilico Anidro	0,9	6,3
Álcool Etilico Hidratado	0,0	10,0
Total (Em %)	100	100
Total (em mil tep)	11.361	52.892
SETOR FERROVIÁRIO		
Carvão Vapor	3,0	0,0
Lenha	6,2	0,0
Óleo Diesel	65,7	81,1
Óleo Combustível	14,6	0,0
Eletricidade	10,5	18,9
Total (Em %)	100,0	100
Total (em mil tep)	531	717
SETOR AÉREO		
Gasolina De Aviação	10,9	2,1
Querosene De Aviação	89,1	97,9
Total (Em %)	100	100
Total (em mil tep)	712	2674
SETOR AQUAVIÁRIO		
Lenha	1,7	0,0
Óleo Diesel	45,6	30,5
Óleo Combustível	52,6	69,5
Total (Em %)	100	100
Total (em mil tep)	588	1.338

Fonte: BEN, 2008.

No setor ferroviário, percebe-se que entre os anos de 1970 e 2007 ocorreu uma mudança do perfil de consumo, que se consolidou exclusivamente em dois tipos de energia, óleo diesel e eletricidade. Houve, no entanto, pouca alteração no que se refere ao consumo de combustíveis fósseis no modal. Enquanto que em 1970, o grupo de combustíveis fósseis (óleo diesel, óleo combustível e carvão vapor) respondia por 83,3% do total consumido, em 2007 essa parcela correspondeu a 81,1%. A dependência em torno dos combustíveis fósseis também se faz presente nos outros dois modais, aéreo e aquaviário, cujo consumo, energético, em 2007, foi baseado exclusivamente em derivados de petróleo.

Em síntese, o que a tabela 40 indica é que todos os tipos de transporte da matriz logística brasileira, inclusive os mais econômicos e eficientes energeticamente, caso do ferroviário e do aquaviário, possuem uma forte dependência em torno dos combustíveis fósseis. No entanto, o maior foco de preocupações é o setor rodoviário, que por ser o maior consumidor de energia da matriz logística é também o principal demandante das fontes fósseis de energia.

5.4.2 As emissões de CO_2 oriundas do setor de transporte brasileiro

Tomando-se como referência o primeiro inventário de emissões de gases do efeito estufa, de 1994, e o relatório preliminar do segundo inventário (dezembro de 2009), elaborado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), algumas considerações podem ser feitas com o objetivo de ratificar a importância do setor de transportes nas emissões de gases do efeito estufa do Brasil. Cabe destacar que todas as considerações realizadas nesta seção referem-se às emissões do gás CO_2 , principal componente no conjunto dos GEE.

A tabela 41 reproduz, de forma agregada, os dados informados pelo governo brasileiro.

Tabela 41 - Emissões de CO₂ - Dados Agregados

Setor	1990	1994	2000	2005	Participação em 1990	Participação em 2005
	Em Gg CO ₂				Em %	
Energia	203.218	245.672	316.451	346.990	21,8	22,0
Processos industriais	19.456	19.038	26.235	25.438	2,1	1,6
Mudança no uso da terra e de florestas	709.073	747.785	1.183.081	1.202.134	76,1	76,3
Total	931.746	1.012.496	152.767	1.574.562	100,0	100,0

Fonte: MCT (2009).

Pode-se perceber que dentre os três setores, Energia, Processos industriais²³ e Mudança no uso da terra e de florestas, este último responde por mais de 75% do total das emissões brasileiras de CO₂. As emissões decorrentes da matriz energética brasileira, que na tabela 41 estão indicadas no setor “Energia”, apresentaram um leve aumento de sua participação relativa e mantiveram-se em torno dos 22%.

Para compreender a dinâmica que rege as emissões do setor “Energia”, a tabela 42 apresenta os dados do setor de forma desagregada, nos seis subsetores consumidores de combustíveis fósseis: Energético, Industrial, Transporte, Residencial, Agricultura e Outros. A tabela ainda conta com o item “Emissões Fugitivas”, onde são incluídas são as emissões de gases de efeito estufa durante o processo de mineração, estocagem, processamento e transporte de carvão mineral e durante o processo de extração, transporte e processamento de petróleo e gás natural (MCT, 2009).

Cabe destacar que essa é forma que o MCT utiliza para apresentar os dados de emissões em seus inventários.

²³ Cabe destacar que o setor “PROCESSOS INDUSTRIAIS” refere-se às emissões resultantes dos processos produtivos da indústria que **não são resultado da queima de combustíveis**. As emissões decorrentes da queima de combustíveis estão agrupadas no setor “ENERGIA” que, segundo a metodologia do MCT, pode ser desagregado nos seguintes subsetores: Industrial, Energético, Transporte, Residencial, Agricultura e Outros.

Tabela 42 - Emissões de CO₂ oriundas da Matriz Energética

Subsetores da Matriz Energética		1990	2005	Participação no Total das Emissões Brasileiras em 1990	Participação no Total das Emissões Brasileiras em 2005
		Em Gg CO ₂		Em %	
Queima de Combustíveis Fósseis	Subsetor Energético	22.176	48.454	2,4	3,1
	Subsetor Industrial	64.903	114.620	7,0	7,3
	Subsetor Transporte	82.235	136.155	8,8	8,6
	Subsetor Residencial	13.817	15.429	1,5	1,0
	Subsetor Agricultura	10.052	14.808	1,1	0,9
	Outros Setores	2.584	3.611	0,3	0,2
	Emissões Fugitivas	7.451	13.913	0,8	0,9
Total		203.218	346.990	21,8	22,0

Fonte: MCT (2009).

Da análise da tabela 42, conclui-se que o subsetor de transportes, ao emitir 8,8% do total das emissões brasileiras em 2005, é o principal emissor de CO₂ da matriz energética, com um percentual equivalente a 39,2% de todas as emissões do gás proveniente do setor Energia.

Outro importante subsetor emissor da matriz energética é a indústria, que em 2005 emitiu 114.620 GgCO₂, ou 7,3% do total das emissões brasileira daquele ano.

Os demais subsetores da matriz energética (setor Energia) apresentam importância relativamente reduzida quando comparados à indústria e aos transportes. De forma agregada, os subsetores energético, residencial, agricultura, outros e as emissões fugitivas somaram 6,1% do total emitido pelo Brasil em 2005, número que equivale a 27,7% do total do setor Energia, uma quantidade 12 pontos percentuais menor que a do subsetor transporte.

Se comparada ao total das emissões brasileiras de CO₂, incluindo o desmatamento, para aquele mesmo ano, o setor de transportes respondeu por 8,6% do total. De maneira isolada, este valor seria ultrapassado apenas pelas emissões oriundas da mudança do uso do solo, ou seja, após a crítica questão envolvendo o desmatamento, o setor de transportes pode ser considerado o principal responsável pelas emissões brasileiras.

O gráfico 8²⁴ expõe o valor percentual da responsabilidade de cada setor da economia nas emissões brasileiras. Como o objetivo deste trabalho é analisar a matriz energética no contexto da sustentabilidade, optou-se por construir o gráfico sem as emissões decorrentes da mudança do uso do solo, uma vez essa inclusão poderia distorcer a potencial importância que o uso de energia no país possui em relação às emissões de CO₂. Não se trata, portanto, de ocultar os dados da principal fonte emissora de CO₂ que o país possui, mas sim destacar a tendência de emissões que o país poderá assumir, à medida que os desmatamentos e o mau uso das terras no país comecem a ser controlados de uma forma mais incisiva, fato que já está acontecendo em anos recentes (Veiga, 2010).

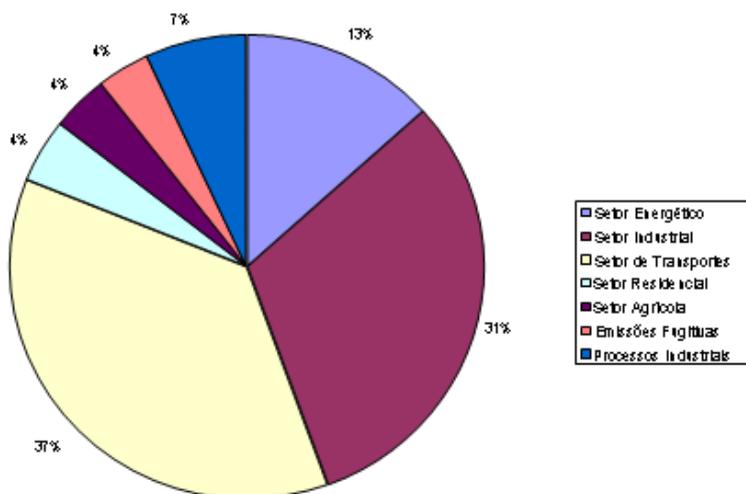


Gráfico 8 - Participação nas Emissões de CO₂ - 2005 (Em %)
Fonte: MCT (2009)

O setor de transportes foi o que mais emitiu CO₂, 37% do total, no ano de 2005, sendo seguido pelos setores industrial e energético (produção de energia) com 31% e 13% respectivamente.

O elevado volume de emissões do setor de transporte pode ser explicado pelo alto consumo energético que o setor possui e que se

²⁴ No gráfico 8 foram agregados as emissões dos setores “energia” e “processos industriais” e desconsiderados os dados do setor “mudança no uso da terra e do solo”. Por esse motivo ocorrerão diferenças em relação ao percentuais apresentados no gráfico em relação às tabelas 41 e 42.

agrava ainda mais pelo elevado índice de dióxido de carbono²⁵ na energia consumida, fruto da elevada dependência em relação aos combustíveis fósseis.

Na tabela 43 é apresentada uma comparação da evolução das emissões de CO₂, do consumo energético e do índice de CO₂ entre os dois principais setores emissores da matriz energética: indústria e transportes.

No que se refere à evolução do volume de emissões de CO₂ entre os anos de 1990 e 2005, o setor industrial apresentou um aumento de 76%, variação levemente superior à verificada no setor de transportes, que foi de 65% no mesmo período. No entanto, esse menor aumento no setor de transportes não impediu que o mesmo tivesse se mantido na liderança das emissões de CO₂ ao longo da série. Em 2005, por exemplo, os transportes emitiram 136.155 Gg CO₂, uma quantidade 18% superior à emitida pelo setor industrial naquele mesmo ano.

O consumo energético do setor industrial também cresceu de forma levemente superior a dos transportes. Enquanto que o consumo energético do setor de transportes cresceu 60% entre 1990 e 2005, o consumo da indústria aumentou 68%. Este aumento permitiu que a indústria apresentasse um consumo energético maior do que o dos transportes ao longo dos quatro anos (1990, 1994, 2000 e 2005) apresentado na tabela.

Apesar de um maior consumo energético nos anos apresentados, a indústria emitiu menos CO₂ do que o setor de transportes. Este fato pode ser explicado pelo menor índice de CO₂ na energia (ICO₂) que o segmento industrial possui em relação ao transporte, que é resultado de dois fatores principais: a alta diversificação de fontes energéticas existentes na matriz energética da indústria (com o amplo emprego de fontes renováveis); e a maior eficiência energética que a indústria possui quando comparada ao setor de transportes.

²⁵ O índice de CO₂ na energia é calculado pela divisão das emissões de CO₂ pelo consumo energético de um determinado setor.

Tabela 43 - Índice de Carbono na Energia - Comparação Intersetorial

	1990	1994	2000	2005
Setor Industrial				
Emissões CO ₂ (Em Gg)	64903	81913	105466	114620
Consumo Energético (Em mil tep)	43.523	50.307	61.204	73.496
Índice de CO ₂ na Energia (Gg/mil tep)	1,49	1,63	1,72	1,56
Setor Transportes				
Emissões CO ₂ (Em Gg)	82235	94256	124197	136155
Consumo Energético (Em mil tep)	32.964	37.757	47.385	52.459
Índice de CO ₂ na Energia (Gg/mil tep)	2,49	2,50	2,62	2,60

Fonte: MCT (2009)

Entre os anos de 1990 e 2005, o ICO₂ do setor industrial passou de 1,49 Gg/milTep, em 1990, para 1,56 Gg/milTep, em 2005, o que significou um aumento de 4,6% no período. Por sua vez, o ICO₂ do setor de transportes passou de 2,49 Gg/milTep, em 1990, para 2,60 Gg/milTep, em 2005, um acréscimo de 4,4% entre esses dois anos. Comparando-se o ICO₂ desses dois setores, pode-se concluir que para cada mil toneladas equivalentes de petróleo (tep) consumida no setor de transportes, em 2005, emitiu-se na atmosfera cerca de 1 Gg CO₂ a mais do que se a mesma quantidade de energia fosse consumida pelo setor industrial.

Analisando o setor de transportes de maneira desagregada (tabela 44), percebem-se aspectos importantes que explicam a relevância deste setor para as emissões de CO₂ da matriz energética brasileira.

A primeira questão refere-se às emissões de CO₂ do transporte rodoviário, que eram de 71.339 Gg CO₂, em 1990, e passaram a 123.175 Gg CO₂, em 2005, o que representou um aumento de 72% nas emissões do modal. Este aumento foi superior ao da média do setor de transportes de uma forma geral, que foi de 65% no mesmo período. Entre 1990 e 2005, o modal aéreo e os demais modais apresentaram um aumento em suas emissões de CO₂ de 32% e 4% respectivamente, incrementos bem menores do que o verificado no modal rodoviário.

A segunda questão que merece destaque diz respeito à evolução do consumo energético dos modais de transporte. Repetindo a tendência das emissões de CO₂, o setor rodoviário também apresentou um

incremento de seu consumo energético maior do que o verificado nos demais tipos de transporte. Enquanto que o consumo do setor rodoviário passou de 29.276 mil tep, em 1990, para 48.076 mil tep, em 2005, um aumento de 64% entre esses dois anos, o modal aéreo e os outros modais aumentaram seus consumos em 32% e 4% respectivamente.

O terceiro ponto importante refere-se ao índice de CO₂ na energia dos modais. Apesar de possuir um índice menor que o do modal aéreo e dos demais tipos de transporte, o ICO₂ do setor rodoviário apresentou um crescimento de 5% entre os anos de 1990 e 2005. Em síntese, o que a tabela 44 permite concluir é que, considerando-se que todos os outros modais praticamente não apresentaram variação em seus índices no mesmo período e que, em termos absolutos, o setor rodoviário é o maior emissor de CO₂ e consumidor de energia da matriz logística brasileira, a grande responsabilidade em relação à sustentabilidade do setor de transportes recai sobre o modal rodoviário.

Tabela 44 - Índice de Carbono na Energia - Comparação Intra-setorial

	1990	1994	2000	2005
Modal Aéreo				
Emissões CO ₂ (Em Gg)	5824	6210	9424	7689
Consumo Energético (Em mil tep)	1.967	2.097	3.182	2.596
Índice de CO ₂ na Energia (Gg/mil tep)	2,96	2,96	2,96	2,96
Modal Rodoviário				
Emissões CO ₂ (Em Gg)	71339	83224	110604	123175
Consumo Energético (Em mil tep)	29.276	34.025	42.766	48.073
Índice de CO ₂ na Energia (Gg/mil tep)	2,44	2,45	2,59	2,56
Outros Modais				
Emissões CO ₂ (Em Gg)	5072	4821	4169	5291
Consumo Energético (Em mil tep)	1.722	1.635	1.436	1.790
Índice de CO ₂ na Energia (Gg/mil tep)	2,95	2,95	2,90	2,96

Fonte: MCT (2009) e BEN (2008).

Uma forma de melhor visualizar a maior parcela de responsabilidade do setor rodoviário nas emissões CO₂ pode ser vislumbrada no do gráfico 9, onde é apresentada a participação percentual de cada modal nas emissões do setor de transporte para os anos de 1994 e 2005.

O gráfico permite visualizar, inclusive, que a participação do setor rodoviário aumentou nos últimos anos, tendo passado de 85,7%, em 1994, para 90,7%, em 2005, o que sugere que, apesar do índice de CO₂ dos demais tipos de transportes também serem elevados, o grande foco de preocupações do setor de transporte do país é o modal rodoviário.

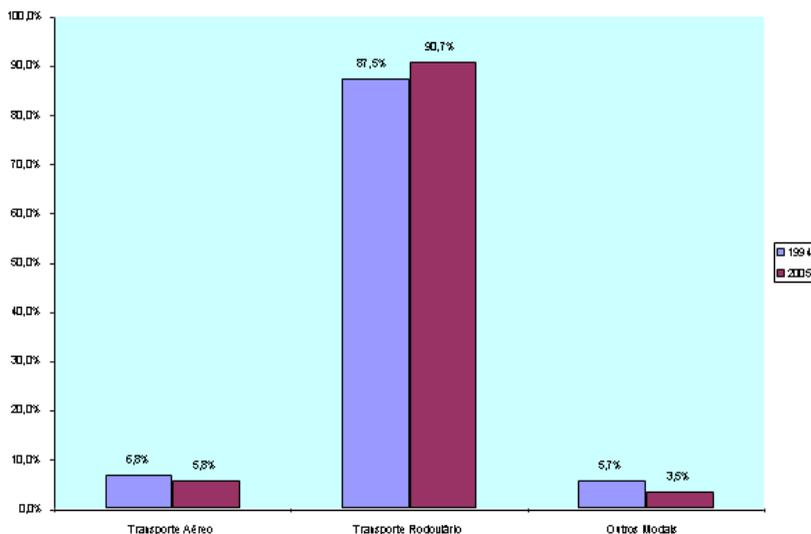


Gráfico 9 - Participação dos Modais nas Emissões de CO₂ do Setor de Transportes
Fonte: MCT (2009)

5.4.3 Análise comparativa internacional das emissões de co₂ nos transportes

A tabela 45 apresenta informações relativas às emissões de CO₂ de países com características como os tamanhos da economia, do território e da população de magnitude semelhantes à do Brasil. Além

disso, a comparação com estes países se torna mais apropriada tendo em visto que, à exceção da Índia, a matriz de transportes dos mesmos já foi apresentada na seção 5.1 do presente capítulo. Além de Brasil, Rússia, Índia e China, grupo de países denominados BRICs, são apresentados os dados do EUA.

Da tabela 45, três variáveis podem ser alvos de comparações com o objetivo de verificar a importância do setor de transportes para o Brasil comparativamente aos seus similares no âmbito internacional. São elas: O volume de emissões de CO₂ emitido pelo setor de transporte; a participação relativa das emissões do setor de transportes no computo geral das emissões do país; e as emissões de CO₂ per capita do setor de transportes.

O volume de emissões de CO₂ do setor de transportes brasileiro saltou de 83,75 Mt, em 1990, para 162,08 Mt, em 2007, o que corresponde a um aumento de 94% tomando-se como referência o próprio ano de 1990. No âmbito internacional, este aumento não foi maior, apenas, exceto no caso verificado na China, onde as emissões aumentaram 258% entre 1990 e 2007. Em termos de valores absolutos (em Mt de CO₂), o Brasil foi o quarto maior emissor, ficando atrás de EUA, China e Rússia e superando a Índia.

No que se refere à participação relativa das emissões do setor de transporte no total de CO₂ emitido pela queima de combustíveis fósseis, o Brasil figura como o país onde o setor de transportes ocupa o maior percentual. Entre os anos de 1990 e 2007, a participação relativa dos transportes passou de 42,7% para 44,7% no Brasil. Na Índia, ocorreu uma redução de 14,7%, em 1990, para 10,0%, em 2007. Rússia, China e EUA apresentaram elevações no período, mas a participação dos transportes atingiu, no máximo, os 33% no EUA, país que apresenta um razoável emprego do transporte rodoviário, principalmente no transportes de passageiros (vide tabela 36).

Comparando-se os dados das tabelas 35 e 36 (relativos à participação dos modais na estrutura logística de países como Brasil, China, Rússia e EUA) com os dados da tabela 45, percebe-se que existe uma forte correlação entre a participação do modal rodoviário no sistema de transportes de cada país e o percentual relativo de emissões. Não é por outro motivo que o Brasil, possuidor de uma base logística fortemente assentada no transporte rodoviário, é o país cuja participação do setor de transportes nas emissões de CO₂ é a mais elevada dentre os países objeto da comparação.

Com relação às emissões de CO₂ per capita do setor de transporte, o Brasil passou de 0,56 Mt CO₂/milhões de hab., em 1990,

para 0,85 Mt CO/milhões de hab., em 2007, isto é, um aumento de 51% no período. Este dado brasileiro fica atrás apenas dos EUA, país que possui um nível de emissão per capita muito acima dos demais países, e da Rússia, que apresentou uma redução de 22% neste indicador no período analisado. Aliás, o fator preocupante destas emissões per capita no Brasil é que seu aumento, entre 1990 e 2007, foi um dos maiores dentre os países analisados, perdendo apenas para China, cujo índice variou positivamente em 258%.

Ademais a tabela 45 permite algumas considerações gerais sobre a relação PIB / Emissões de CO₂ que adicionam mais questões críticas ao caso brasileiro.

A primeira consideração que precisa ser feita relaciona-se à variação do volume total de emissões de CO₂ emitidos pela queima de combustíveis fósseis entre os anos de 1990 e 2007. As emissões brasileiras elevaram-se de 196,2 para 362,7 milhões de toneladas de CO₂ no período, um crescimento percentual de 85%, que foi menor apenas que o da China, equivalente a 172%, e o da Índia, 125%, no mesmo período. No entanto, o aumento das emissões chinesas e indianas foi acompanhado de expansões do PIB de 417% e 185% respectivamente, ou seja, as emissões daqueles dois países contribuíram para que suas economias quadruplicassem, no caso chinês, e praticamente duplicasse, no caso da Índia, em apenas 17 anos. No Brasil, ao contrário, a expansão da economia foi de apenas 61% no mesmo período, crescimento apenas maior que o da Rússia, país que na década de 1990 sofreu uma forte reestruturação política e econômica em face da mudança de seu regime político.

A segunda consideração refere-se ao fato de que, apesar dos dados acima mencionados não poderem ser tomados como os únicos sintomas que o setor de transportes brasileiro é um ponto crítico para a matriz energética mundial, o aumento percentual acima da média dos demais países em grande parte dos indicadores sugere que esse setor possui, de fato, importância considerável na discussão da sustentabilidade da matriz energética brasileira.

Tabela 45 – Comparativo internacional de dados econômicos e de emissões de CO₂.

Brasil	1990	2007	1990-2007
População (milhões)	149,52	191,60	28%
PIB PPP (bilhões 2000 US dólares)	968,41	1561,26	61%
CO ₂ emitido pela queima de combustíveis (Mt)	196,17	362,73	85%
CO ₂ emitido pela queima de combustíveis no setor de transportes (Mt) *	83,75	162,08	94%
Participação do setor de transportes no total	42,7%	44,7%	
Emissões de CO ₂ per capita do setor de transportes (Mt/milhões de hab.)	0,56	0,85	51%
Rússia			
População (milhões)	148,29	141,64	-4%
PIB PPP (bilhões 2000 US dólares)	1523,63	1603,73	5%
CO ₂ emitido pela queima de combustíveis (Mt)	2212,11	1603,64	-28%
CO ₂ emitido pela queima de combustíveis no setor de transportes (Mt) *	328,34	245,05	-25%
Participação do setor de transportes no total	14,8%	15,3%	
Emissões de CO ₂ per capita do setor de transportes (Mt/milhões de hab.)	2,21	1,73	-22%
China			
População (milhões)	1140,89	1326,91	16%
PIB PPP (bilhões 2000 US dólares)	1964,86	10155,84	417%
CO ₂ emitido pela queima de combustíveis (Mt)	2259,24	6147,03	172%
CO ₂ emitido pela queima de combustíveis no setor de transportes (Mt) *	136,27	487,44	258%
Participação do setor de transportes no total	6,0%	7,9%	
Emissões de CO ₂ per capita do setor de transportes (Mt/milhões de hab.)	0,12	0,37	208%
Índia			
População (milhões)	849,52	1123,32	32%
PIB PPP (bilhões 2000 US dólares)	1411,90	4024,89	185%
CO ₂ emitido pela queima de combustíveis (Mt)	595,03	1338,58	125%
CO ₂ emitido pela queima de combustíveis no setor de transportes (Mt) *	87,49	133,25	52%
Participação do setor de transportes no total	14,7%	10,0%	
Emissões de CO ₂ per capita do setor de transportes (Mt/milhões de hab.)	0,10	0,12	20%
Estados Unidos			
População (milhões)	250,18	302,09	21%
PIB PPP (bilhões 2000 US dólares)	7055,00	11468,00	63%

CO ₂ emitido pela queima de combustíveis (Mt)	4992,76	5915,46	18%
CO ₂ emitido pela queima de combustíveis no setor de transportes (Mt) *	1549,45	1953,62	26%
Participação do setor de transportes no total	31,0%	33,0%	
Emissões de CO ₂ per capita do setor de transportes (Mt/milhões de hab.)	6,19	6,47	5%

Fonte: ITF (2010).

5.5 PROJEÇÕES OFICIAIS PARA O SETOR DE TRANSPORTES BRASILEIRO²⁶.

O planejamento para o setor de transporte brasileiro para as próximas duas décadas está assentado no documento intitulado Plano Nacional de Logística e Transportes – PNLT (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2007).

Os objetivos básicos são a retomada do processo de planejamento no setor de transportes, a racionalização dos custos da cadeia de transporte e um maior equilíbrio entre os modais que integram a matriz logística brasileira, a qual deverá sofrer importantes mudanças no período prospectado.

Cabe destacar que o documento possui caráter apenas orientador para as ações julgadas necessárias à melhora da infraestrutura logística do Brasil, não significando, portanto, que suas sugestões serão implementadas na totalidade ou na magnitude sugerida, uma vez que dependerão de projetos, ações e disponibilidade orçamentária para serem implementados.

Para um horizonte definido entre 15 e 20 anos, o PNLT propõe alterar a distribuição da matriz logística de maneira significativa, com o transporte rodoviário recuando em face de um maior crescimento dos transportes ferroviário e aquaviário. O gráfico 10 indica a evolução esperada para os modais integrantes da matriz brasileira:

²⁶ Este subitem baseia-se na previsão do Plano Nacional de Logística e Transporte, elaborado pelos Ministérios dos Transportes e da Defesa e que pretende constituir-se no principal instrumento de planejamento para a reestruturação do sistema logístico brasileiro.

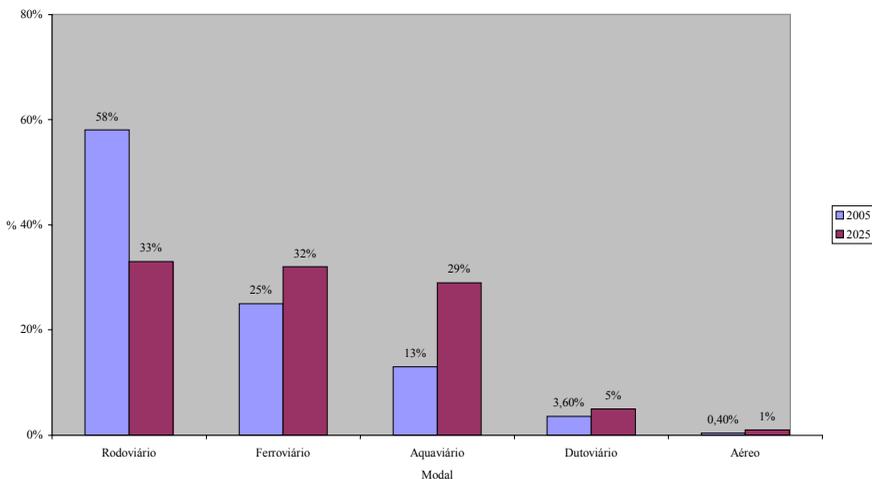


Gráfico 10 - Composição da Matriz de Transportes Brasileira - 2005 - 2025(Projeção) - Em %
 Fonte: PNLT (2007).

Para a redistribuição dos modais da maneira esperada, o PNLT prevê para o período compreendido entre 2008 e 2023, investimentos totais da ordem de 172 bilhões de reais, o que equivale a aproximadamente 10% do atual PIB brasileiro.

É interessante destacar que, tomando o transporte de carga como base comparativa, a distribuição prevista para 2025 dos três principais modais, rodoviário, ferroviário e aquaviário, é muito semelhante à distribuição observada no ano de 1950, quando estes três modais respondiam respectivamente por 38,2%, 29,2% e 32,4% do total da carga transportada no país.

Os projetos de investimentos foram divididos em sete agrupamentos denominados de “vetores logísticos” que foram divididos de acordo com as particularidades de cada região e as vantagens comparativas da cada modal na região analisada. A distribuição dos vetores logísticos encontra-se ilustrada na figura 3.

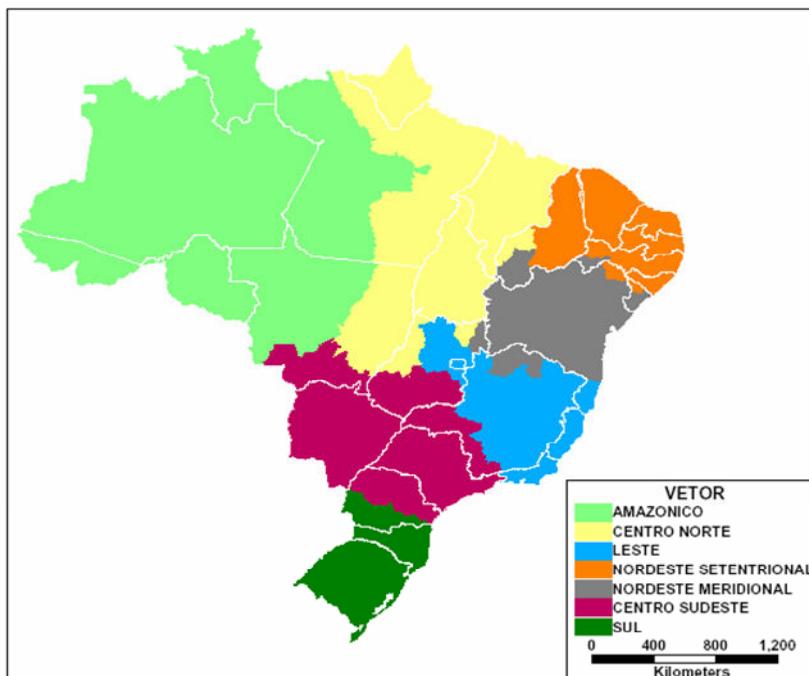


Figura 3 – Vetores Logísticos na Organização Espacial Brasileira
Fonte: PNLT.

O modal rodoviário receberá 43% do total estimado de investimento para o horizonte de tempo contemplado pelo plano e seus projetos ocorrerão principalmente nos vetores logísticos Leste e Centro Sudeste. Estes vetores também serão os principais beneficiados nos investimentos relacionados ao setor portuário.

O modal ferroviário será contemplado com aproximadamente 29,4% do total de investimentos e as regiões mais beneficiadas com estes investimentos serão as relativas aos vetores Centro Sudeste, Leste e Sul.

Visando aproveitar o imenso potencial navegável da região norte do país, o PNLT recomenda que a principal parte dos investimentos destinados ao modal aquaviário sejam direcionados prioritariamente para ações nos vetores logísticos Amazônico e Centro-Norte.

Por fim, o modal aeroportuário será contemplado com 5,6% dos investimentos previstos com seus projetos sendo desenvolvidos basicamente nos vetores Nordeste Setentrional e Centro Sudeste.

5.6 SÍNTESES DO CAPÍTULO

Este capítulo teve como objetivo analisar a importância do setor de transporte na discussão da sustentabilidade da matriz energética brasileira.

Após fazer uma breve apresentação dos principais modais de transportes disponíveis, iniciou-se uma apresentação do atual quadro da matriz de transportes no âmbito mundial. Apesar de haver algumas diferenças em relação à participação dos modais nas matrizes logísticas dos países analisados, foi possível perceber que o transporte ferroviário é um modal amplamente utilizado, sobretudo no transporte de cargas, e ocupa posição de destaque no cenário internacional. No transporte de passageiros existe uma predominância do modal rodoviário, com exceção da Rússia, onde o transporte por ferrovias é o meio mais utilizado.

Ao contrário do quadro internacional, onde existe uma razoável diversificação entre os modais, no Brasil, verificou-se uma forte consolidação em torno do modal rodoviário, tanto para o transporte de cargas quanto para o de passageiros. Para se visualizar a dependência brasileira em torno do transporte rodoviário, dados de 2005 revelam que esse modal respondeu por 96,18% do transportes de passageiros e 61,1% do transporte de cargas.

De uma forma geral, a elevada dependência em torno do transporte rodoviário, além de onerar o custo do frete no país, também acarreta repercussões negativas no consumo energético do setor de transportes e no volume de emissões de CO₂ oriundas a partir desse setor.

Com relação ao consumo energético, o setor é o segundo maior consumidor da matriz energética, com um percentual de 28,6% do total do CFE do ano de 2007, tendo ficado atrás apenas do setor industrial, que consumiu 40,7%. Outro ponto crítico do consumo energético do setor de transportes é o retorno que a energia consumida proporciona em termos do PIB. Como destacado no capítulo esse retorno foi quase quatro vezes menor do que a mesma quantidade de energia consumida na indústria.

A elevada dependência em relação ao setor rodoviário que, por sua vez, possui uma base energética assentada primordialmente nos combustíveis fósseis, faz com que o setor de transportes seja o principal emissor de CO₂ da matriz energética brasileira e o segundo maior emissor do país, perdendo apenas para as emissões decorrentes do

desmatamento, fato que realça a grande importância que o setor possui nas discussões sobre sustentabilidade.

Outro aspecto que também confirma a importância do setor de transportes na questão são as análises feitas no capítulo tanto a nível nacional, quando se compara o setor de transportes ao setor industrial, quanto a nível internacional, em que se analisa o peso relativo das emissões de CO₂ do setor de transporte brasileiro com o de outros países. Em ambos os casos o setor de transportes brasileiro acabou se destacando negativamente.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um dos grandes debates envolvendo a discussão sobre as mudanças climáticas se refere à pressão que o homem estaria exercendo sobre o meio ambiente.

A hipótese de que o atual modelo econômico, fundamentado no consumo como forma suprema de obtenção do bem estar, estaria acelerando o processo de alteração climática torna-se cada vez mais aceitável, à medida que estudos vão demonstrando a forte relação existente entre economia, energia e meio ambiente.

O aumento das emissões de gases de efeito estufa de origem antrópica (origem humana) decorrente dos atuais padrões de produção e consumo do sistema econômico mundial está sendo considerada a principal explicação para a responsabilidade humana no debate atual sobre mudanças climáticas.

A maior parte dessas emissões (figura 1) é originária da queima dos combustíveis fósseis, principalmente do petróleo e seus derivados, principal insumo energético da economia mundial.

Para compreender a relação entre mudanças climáticas/emissão de GEE e o sistema econômico deve-se fazer uma retrospectiva e buscar a origem do atual padrão energético da economia global.

No período prévio à primeira Revolução Industrial a concentração de GEE na atmosfera era de 280 ppm CO₂e. Nesse período, os meios de produção possuíam como base energética as energias renováveis. Com o avanço do progresso tecnológico e a consequente troca dos insumos renováveis pelos não renováveis, a concentração de GEE na atmosfera atingiu 430 ppm CO₂e no início do século XXI.

A mudança no padrão energético pode ser observada na tabela 1 (página 25) que apresenta a evolução do consumo de energia a partir de 1900. No mesmo intervalo de tempo no qual o padrão energético sofreu esta grande transformação, houve um aumento da temperatura média do planeta de 0,7°C. Este aumento seria reflexo do incremento das emissões de GEE, que atingiram um nível acima do suportável por parte do planeta.

Stern (2007) destaca que o aumento da temperatura média se acelerou nos últimos 25 anos do século XX e tende a atingir patamares ainda mais elevados caso a concentração de GEE na atmosfera não se estabilize entre 450 ppm e 500 ppm CO₂e, faixa que está muito aquém do compatível com o atual ritmo crescimento das emissões. A título de

exemplo, pode-se mencionar o fato de que se o ritmo das emissões de GEE for mantido espera-se que em 2035 a concentração seja de 560 ppm CO₂e. Este nível de concentração provavelmente levaria a um aumento médio da temperatura global de 2°C em relação à média pré-industrial, causando impactos significativos na agricultura; produção de alimentos; áreas litorâneas; disponibilidade de recursos hídricos e biodiversidade, inclusive podendo ocasionar um prejuízo anual para a economia global da ordem entre 5% e 20% de seu PIB atual.

Visando reverter essa tendência de crescimento nas emissões de GEE e compatibilizar o desenvolvimento econômico com as limitações ambientais, uma série de iniciativas seriam necessárias, a começar pela própria incorporação do conceito de desenvolvimento sustentável por parte de todos os segmentos sociais (governos, empresas e famílias).

Especificamente no caso energético, a mudança de postura em relação ao uso da energia é uma pré-condição para a reversão da tendência de crescimento das emissões de GEE. Qualquer política que se destine à questão deve seguir os seguintes pressupostos básicos: economia no consumo de energia; maior eficiência no uso da energia e substituição das fontes não renováveis por fonte renováveis.

A questão climática, mesmo sendo um debate global, apresenta causas e consequências locais. Deste modo, entender a importância de cada país é um exercício fundamental para se buscar soluções para o problema. Nesse sentido, o trabalho buscou compreender o papel desempenhado pelo Brasil no contexto global, destacando o caso específico da matriz energética do país. Iniciou-se a análise à luz da matriz energética atual (com seus condicionantes históricos, perfil atual e perspectivas) para em seguida testar sua sustentabilidade. Nesse percurso, o setor de transportes recebeu atenção especial, devido ao elevado consumo de combustíveis fósseis existente neste setor.

A industrialização e a urbanização da economia brasileira ao longo do século XX foram fundamentais para as mudanças ocorridas no perfil da oferta e do consumo de energia do país. A oferta interna de energia (OIE) passou de um predomínio das fontes renováveis, que representava cerca de 80% do total da OIE no ano de 1940, para um quadro onde as fontes não renováveis são maioria (em 2009, a participação das fontes renováveis foi de aproximadamente 47% do total da OIE).

Quando comparada à média mundial (ver gráfico 5 na página 83) a matriz energética brasileira possui uma posição confortável no que se refere ao emprego da energia renovável. Isso se deve, principalmente, pela larga utilização do potencial hidrelétrico do país e pelo

aproveitamento energético dos derivados da cana-de-açúcar. Juntando-se essa perspectiva ao fato de que a maior parte das emissões brasileiras de GEE origina-se do desmatamento (ver tabela 21 na página 91), a discussão da sustentabilidade e da responsabilidade da matriz energética brasileira nas emissões de GEE costuma ser colocada em segundo plano no âmbito da formulação das políticas públicas referentes ao assunto mudanças climáticas.

Tal postura, no entanto, constitui-se em um grave equívoco, tendo em vista uma série de aspectos envolvendo o consumo e a oferta de energia no país. Alguns destes aspectos foram apresentados neste trabalho com o objetivo de realçar a necessidade de se discutir a sustentabilidade da matriz energética brasileira num nível diferente do atual.

De uma forma geral, todos os indicadores utilizados para analisar a matriz energética apontaram tendências negativas no que diz respeito à sustentabilidade do consumo e da oferta de energia do país.

A análise das emissões de GEE no Brasil entre os anos de 1990 e 2005 (ver tabela 21 na página 91) mostrou que com 16,4% do total das emissões de 2005, o setor energético ocupou a terceira posição no ranking dos maiores emissores da economia brasileira.

O índice de intensidade energética (IIE) e o índice de carbono na economia (ICE) apresentaram um crescimento no período compreendido entre os anos de 1980 e 2007 (ver tabelas 23 e 24 nas páginas 96 e 97, respectivamente), ao passo que a nível mundial estes indicadores apresentaram reduções, fato que indica a deterioração dos números brasileiros no período analisado. Outros dois dados que comprovam a deterioração das premissas da sustentabilidade da matriz energética brasileira foram as emissões per capita de CO₂ originadas do consumo energético, que cresceram a uma velocidade quase cinco vezes superior ao crescimento verificado na média mundial, e as emissões de CO₂ originadas do consumo energético, cujo crescimento médio se deu a um taxa anual de 4,66%, percentual superior à média mundial, que foi de 2,3% a.a.

A projeção dos indicadores energéticos para o ano de 2030 (ver tabela 27 na página 101) revela que a deterioração dos indicadores brasileiros tende a aumentar ainda mais. Por exemplo, espera-se que as emissões brasileiras de CO₂ do setor energético aumentem 138,56% entre os anos 2005 e 2030 contra 42,72% de média mundial, aumentando a participação relativa do Brasil nas emissões globais. O IIE brasileiro permanecerá acima da média mundial e, assim como o

ICE nacional, decrescerá numa velocidade menor que a mundial entre 2005 e 2030.

Outra questão considerada na discussão refere-se à importância que se atribuiu à participação da energia renovável na matriz do país, sendo este um quesito que comprovaria a sustentabilidade da referida. No entanto, as controvérsias apontadas no capítulo 4 em relação às duas principais fontes renováveis do país, energia hidroelétrica e energia derivada da cana-de-açúcar, sugerem que esse “selo de qualidade” da energia brasileira precisa ser relativizado.

Com relação à geração hidrelétrica, questões socioeconômicas como o deslocamento populacional das áreas alagadas para a formação de represas; a perda da qualidade da água devido à formação de lagos artificiais; assim como os impactos de uma usina hidrelétrica sobre a fauna e flora da região são aspectos que precisam ser colocados no âmbito da discussão da sustentabilidade das hidrelétricas. No entanto, para os fins deste trabalho, a questão que mais se destacou foi a possibilidade das hidrelétricas estarem contribuindo para a intensificação das emissões de GEE da matriz energética brasileira. De acordo com vários estudos (Fearnside, 2004 e Rosa et al., 2008), as represas poderiam estar liberando na atmosfera uma grande quantidade de gases, sobretudo o metano (CH_4), que seriam decorrência do processo de decomposição da biomassa depositada no fundo das represas.

As controvérsias envolvendo as energias renováveis também atingem a produção de biocombustíveis, sobretudo os derivados da cana-de-açúcar e da soja. Por assentarem seu modelo de produção em grandes propriedades de caráter monocultor, os cultivos da cana-de-açúcar e da soja são questionados por uma série de fatores como: violação de direitos trabalhistas e humanos e exclusão de trabalhadores do campo devido à mecanização da lavoura. Outra questão também levantada refere-se à possível competição que estaria ocorrendo entre a produção de biocombustíveis e de alimentos, a qual poderia se agravar à medida que a demanda por biocombustíveis aumentar. Na discussão exclusivamente ambiental, o ponto de preocupação relacionado aos biocombustíveis consiste no provável deslocamento que o cultivo da cana-de-açúcar, da soja e de outros insumos básicos poderia estar provocando nas demais culturas, fato que estaria expandindo a fronteira agrícola às custas do aumento do desmatamento, sobretudo na região amazônica, problema que levaria ao aumento das emissões de GEE.

Outro aspecto relevante diz respeito ao consumo energético brasileiro do setor de transportes. Com uma forte predominância do modal rodoviário, tanto no transporte de passageiros quanto no de carga,

o setor é o principal consumidor de combustíveis fósseis da matriz energética, situação que o torna um dos principais responsáveis pelas emissões de GEE oriundas do consumo energético.

No ano de 2007, os dois maiores consumidores de energia do país foram o setor industrial, com 40,7% da CFE, e o setor de transportes, com 28,6% da CFE. Comparando alguns indicadores desses dois setores a importância do setor de transportes para a (in) sustentabilidade da matriz energética se torna evidente. Uma análise da relação entre o PIB e o consumo energético de cada setor (ver tabela 38 na página 125) revela que o retorno, em dólares, por unidade de energia consumida no setor de transporte foi quase quatro vezes menor que o retorno do setor industrial, realçando a ineficiência do sistema de transportes brasileiro. Outro dado envolvendo energia e PIB refere-se ao índice de intensidade energética do setor de transportes, que possui o maior valor dentre todos os setores da economia.

O grande problema do setor de transportes brasileiros é sua concentração em torno do modal rodoviário. Analisando as emissões intrasetoriais do setor de transportes constatou-se que as emissões relativas ao modal rodoviário representaram 90,7% de toda a emissão do setor no ano de 2005, cabendo destacar que essa participação era de 87,5% no início da década de 1990. Além disso, entre os anos de 1990 e 2005 o aumento percentual do consumo energético do modal rodoviário foi de 64%, muito superior ao aumento do consumo do modal aéreo, 32%. Estes dados, além de comprovar a importância do modal rodoviário, também sugerem incertezas em relação ao futuro, à medida que as taxas de crescimento de emissões e de consumo do modal rodoviário foram maiores do que as de outros tipos de transportes.

Outro aspecto crítico sobre a sustentabilidade do setor de transportes refere-se à comparação com os dados internacionais (ver tabela 45 na página 140). Nas três variáveis utilizadas para a comparação com os demais países do BRIC e com os EUA, o setor de transportes brasileiros destacou-se negativamente. Entre os anos de 1990 e 2007, as emissões de CO₂ do setor aumentaram 94%, incremento inferior apenas ao da China, que foi de 258% no mesmo período.

Com relação à participação relativa do setor de transportes nas emissões totais da matriz energética, verificou-se que o Brasil é o país que possui o percentual mais elevado, com 44,7% do total das emissões de CO₂ no ano de 2007. A terceira variável empregada foi a emissão de CO₂ per capita do setor de transporte, onde o Brasil passou de 0,56 Mt CO₂/milhões de hab., em 1990, para 0,85 Mt CO₂/milhões de hab., em

2007, o que o torna o segundo maior emissor per capita, ficando atrás apenas dos EUA.

Ao jogar luz sobre a discussão da sustentabilidade da matriz energética, apontando as tendências de deterioração de vários indicadores; as controvérsias envolvendo as energias renováveis; as contradições do consumo; e comparações internacionais; este trabalho procurou fugir do senso convencional, que prega que a ampla participação das energias renováveis na matriz energética do país seria por si só um atestado de qualidade e de garantia que o consumo energético brasileiro ocorre em bases sustentáveis.

Espera-se, portanto, que este trabalho tenha como principal resultado o estímulo ao debate envolvendo o assunto aqui tratado, motivando novas pesquisas e discussões que saiam do senso comum e possam sinalizar o caminho a ser seguido na busca da sustentabilidade da matriz energética brasileira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAMOVAY, R. Muito mais que o clima, discute-se o capitalismo. **Valor Online**, São Paulo, p. D10. 10 dez. 2009. Disponível em: <www.valoronline.com.br>. Acesso em: 11 dez. 2009.
- ABRANCHES, S. **Climate agenda as an agenda for development in Brazil: A policy oriented approach**. Disponível em: <www.ecopolitica.org>. Acesso em: 20 nov. 2009.
- ABRANCHES, S.; VIANA, S. B.; VEIGA, J. E. A sustentabilidade do Brasil. In: GIAMBIAGI, Fábio; BARROS, Octavio de. **Brasil pós-crise: Agenda para a próxima década**. Rio de Janeiro: Campus, 2009. p. 305-324.
- ALMEIDA, A. **A importância dos biocombustíveis na matriz energética de transporte rodoviário**. 2006. 197 f. Dissertação (Mestrado) - COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2006.
- ALVIM, C. F. et al. Estão as emissões de carbono brasileiras crescendo mais que o PIB? **Economia & Energia**, Rio de Janeiro, n., p.1-12, out. 2007. Disponível em: <www.ecen.com>. Acesso em: 17 jan. 2010.
- AMAZONAS, M. de C., 2009. O Pluralismo da Economia Ecológica e a Economia Política do Crescimento e da Sustentabilidade. In: **Boletim da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica**, n. 20. jan.-abr. 2009.
- ANDRADE, D. C.. **A preservação do capital natural e dos serviços ecossistêmicos: Uma proposta de contribuição teórica e metodológica da economia ecológica**. 2009. 162 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Economia, Unicamp, Campinas, 2009.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Atlas de energia elétrica do Brasil**. Vários anos. Disponível em: <www.aneel.gov.br>. Acesso em 29 abr. 2010.
- ANG, B.W.; LEE, P.W. Decomposition of industrial energy consumption: The energy coefficient approach. **Energy Economics**, Amsterdam, n. 18, p.129-143, 1996.

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis**. Vários anos. Disponível em: <www.anp.gov.br>. Acesso em 6 fev. 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS (ANTAQ). **Anuário estatístico portuário**. Vários anos. Disponível em: <www.antaq.gov.br>. Acesso em: 12 maio 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES (ANTT). **Anuário estatístico de transportes terrestres**. Vários anos. Disponível em: <www.antt.gov.br>. Acesso em: 6 maio 2010.

AYRES, R. U. Statistical measure of unsustainability. **Ecological Economics**, Amsterdam, v. 16, n. , p. 239-255, 1996.

AVERY, D.T.; SINGER, S.F. **Unstoppable global warming: Every 1.500 years**. Lanham, MD: Rowman and Littlefield, 2006.

BALASSIANO, R. ; D'AGOSTO, M. **Conservação de energia em sistemas de transportes: Uma estrutura de procedimentos**. 2009. Disponível em: <www.ivig.coppe.ufrj.br>. Acesso em: 19 jun. 2010.

BALL, T. **Global warming: The cold, hards facts**. Fev. 2007. Disponível em: <www.canadafreepress.com>. Acesso em: 21 abr. 2010.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES). **Bioetanol de cana-de-açúcar: Energia para o desenvolvimento sustentável**. Disponível em: <www.bioetanoldecana.org>. Acesso em: 22 fev. 2010.

BARAT, J. **A evolução dos transportes no Brasil**. Rio de Janeiro, IBGE/Instituto de Planejamento Econômico e Social, 1978.

BARBOSA, L. M. Agroenergia, biodiversidade, segurança alimentar e direitos humanos. **Conjuntura Internacional**. Set. 2007. Disponível em: <www.pucminas.br>. Acesso em: 10 mar. 2010.

BARTHOLOMEU, D. B. Análise das emissões de GEE, ameaças e oportunidades para o setor agropecuário brasileiro. In: ENCONTRO

DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA ECOLÓGICA, 8º. , 2009, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: Ecoeco, 2009.

BELLUZZO, L. G. O dólar e os desequilíbrios globais. **Revista de Economia Política**, São Paulo, v. 25, n. 3, p. 224-232, jul. 2005.

BICALHO, R. G.; IOOTTY, M.; PINTO JR., H. Q. Flexibilidade, política energética e posições intertemporais: O caso recente da crise do álcool. In: Congresso Brasileiro de Energia, 10. , 2006, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: COPPE, 2006.

BOULDING, K. E. The economics of the coming spaceship earth. In: JARRETT, H. **Environmental quality in a growing economy**. Baltimore: John Hopkins University Press, 1966.

BRASIL. Presidência da República. Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. **Mudanças do Clima** (Cadernos NAE, 3). Brasília: NAE, 2003.

BRITO, A. S. **Balanço de água em um Latossolo vermelho cultivado com cana-de-açúcar**. 2006. 82 f. Dissertação (Mestrado). ESALQ/USP, Piracicaba, 2006.

BRUNDTLAND, G. H. **Our common future**. Report of the World Commission of Environment and Development – United Nations, 1987.

CALABI, A. S. et al. **A energia e a economia brasileira**. São Paulo: Pioneira, 1983. 250 p.

CASTRO, A. B. de; SOUZA, F. E. P. de. **A economia brasileira em marcha forçada**. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1985.

CASTRO, L. B. de. Privatização, abertura e desindexação: a primeira metade dos anos 90. In: GIAMBIAGI, Fábio et al. **Economia brasileira contemporânea (1945-2004)**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005. p. 141-165.

CAVALCANTI, C. (Org.). **Meio ambiente, desenvolvimento sustentável e políticas públicas**. 3. ed. São Paulo: Cortez, 2001. 436 p.

COSTA, M. D. **Comentários à lei do petróleo:** Lei federal n. 9478, de 6/08/1997. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 290 p.

DARMSTADTER, J. **Energy in the world economy:** A statistical review of trends in output, trade, and consumption since 1825. Baltimore: Johns Hopkins Press, 1971.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Superestrutura ferroviária.** Brasília, 2009. (Apostila de curso de formação). 134 p.

EASTERBROOK, G. **Case Closed:** The debate about Global Warming is over. Jul. 2006. Disponível em: <http://www.brookings.edu/papers/2006/06energy_easterbrook.aspx>. Acesso em: 18 abr. 2010.

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS (ELETROBRÁS). **História da Eletrobrás.** Disponível em: <www.eletrabras.gov.br>. Acesso em: 12 mar. 2010.

EUROPEAN UNION. **Energy and transport in figures:** Statistical pocketbook 2010. Disponível em: <<http://europa.eu>>. Acesso em: 03 maio 2010.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO (FAO). **Mitigación del cambio climático y adaptación en la agricultura.** 2008. Disponível em: <www.fao.org>. Acesso em: 12 mar. 2010.

FAUSTMANN, M. On the determination of the value which forest land and immature stands possess for forestry. English translation in: Martin Faustmann and the evolution of discounted cash flow. 1968. **Commonwealth Forestry Institute Paper**, n. 42, University of Oxford: Oxford, England. 1849.

FEARNISDE, P. M. Greenhouse gas emissions from a hydroelectric reservoir (Brazil's Tucuruí Dam) and the energy policy implications. **Water, Air and Soil Pollution.** Dordrecht, Holanda, v. 133, n. 3-4, p. 69-96, 2002.

FEARNSIDE, P. Gases do efeito estufa em hidrelétricas da Amazônia. **Ciência Hoje**. Rio de Janeiro, v. 36, n. 211, p. 41-44, 2004.

FEARNSIDE, P. **Hidrelétricas funcionam como fábricas de metano**. Fev. 2009. Disponível em: <www.amazonia.org>. Acesso em; 09 abr. 2010.

FERNANDES, C. T. C.; BURSZTYN, M. A. A.. Usos múltiplos das águas de reservatórios de grandes hidrelétricas. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM AMBIENTE E SOCIEDADE, 4., 2008, Brasília. **Anais...**. Brasília: ANPPAS, 2008. p. 1-24. Disponível em: <www.anppas.org.br>. Acesso em: 08 jun. 2010.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (FIESP). **Tipos de transportes**. Disponível em: <www.fiesp.org.br>. Acesso em; 11 jul. 2010.

FLEXOR, G. **Segurança Alimentar e biocombustíveis: Um dilema?** Ago. 2008. Disponível em: <www.fbes.org.br>. Acesso em: 29 mar. 2010.

GALVÃO, O. Desenvolvimento dos transportes e integração regional no Brasil - Uma perspectiva histórica. **Planejamento e Políticas Públicas**, Rio de Janeiro, n. 13, p.183-211, jun. 1996.

GALVÊAS, E. **A crise do petróleo**. Rio de Janeiro: Editora APEC, 1985.

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

GIAMBIAGI, F. Estabilização, reformas e desequilíbrios macroeconômicos: Os anos FHC (1995-2002). In: GIAMBIAGI, F. et al. **Economia brasileira contemporânea (1945-2004)**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005. p. 166-195.

GOMES, R. A. **Transporte rodoviário de carga e desenvolvimento econômico no Brasil: Uma análise descritiva**. 2006. 102 f. Dissertação

(Mestrado) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

GONÇALVES, J. M. F.; MARTINS, G. Consumo de energia e emissão de gases do efeito estufa no transporte de cargas no Brasil. **Brasil Engenharia**. Ago. 2008. Disponível em: <www.brasilengenharia.com.br>. Acesso em: 18 dez. 2009.

GROSSMAN, G.; KRUEGER, A. Economic growth and the environment. **The Quarterly Journal of Economics**, maio/1995, v. 110, n. 2, p. 353-377.

GUTIEREZ, M. B. S.; MENDONÇA, M. J. C. de. **O efeito estufa e o setor energético brasileiro**. Nov. 2000 (Texto para discussão n. 719). Disponível em: <www.ipea.gov.br>. Acesso em: 05 out. 2009.

HARRIS, D. **Global warming denier: Fraud or "realist"**. ABC News, March 2008.

HERMANN, J. Reformas, endividamento externo e o "milagre" econômico (1964-1973). In: GIAMBIAGI, F. et al. **Economia brasileira contemporânea (1945-2004)**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005. p. 69-92.

HOTTELING, H. The Economics of Exhaustible Resources. **Journal of Political Economy**, v. 39, n.1, pp. 137-175, 1931.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **World Energy Outlook 2009**. Disponível em: <www.iea.org>. Acesso em: 02 mar. 2010.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **World Energy Outlook: Resumen Ejecutivo**. 2009. Disponível em: <www.iea.org>. Acesso em: 18 jan. 2010.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Fourth assesment report: Climate change 2007(AR4)**. Genebra: IPCC, 2007.

INTERNATIONAL TRANSPORT FORUM (ITF). **Reducing transport greenhouse gas emissions: Trends & Data 2010**. Disponível

em: <<http://www.internationaltransportforum.org>>. Acesso em: 06 maio 2010.

JACKSON, T.. **Prosperity without growth: Economics for a finite planet**. London: Earthscan, 2009. 264 p.

JANNUZI, G. M. The Consumption of Energy in Low-Income Urban Households. **Pacific and Asian Journal of Energy** n. 1. v. 2. p. 39-48, 1987.

JANNUZZI, G.M. “A política energética e o meio ambiente: instrumentos de mercado e regulação”, in Romeiro A. R., Reydon, B. P. e Leonardi, M. L. A. (Org.), **Economia do Meio Ambiente: teoria, políticas e a gestão de espaços regionais**. Campinas: Editora UNICAMP, 1996.

JANOSI, P. E.; GRAYSON, L. E. Patterns of energy consumption and economic growth and structure. **The Journal of Development Studies**, v. 8, n. 2. jan. 1972.

LANDES, D. S. **Prometeu desacorrentado: Transformação tecnológica e desenvolvimento industrial na Europa Ocidental, desde 1750 até a nossa época**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1994.

LAPOLA, D. et al. Indirect land-use changes can overcome carbon savings from biofuels in Brazil. **Pnas Early Edition**. Feb. 2010. Disponível em: <www.pnas.org>. Acesso em: 23 abr. 2010.

LA ROVERE, E. L. “Conservação de energia em sua concepção mais ampla: estilos de desenvolvimento baixo perfil de consumo de energia.” In: LA ROVERE, E. L. et al. (edt); **Economia e tecnologia da energia**. Editora Marco Zero/FINEP, 1985, p. 474-489.

LEIS, H. R.; D'AMATO, J. L. O ambientalismo como movimento vital: análise de suas dimensões histórica, ética e vivencial. In: CAVALCANTI, C (Org.). **Desenvolvimento e Natureza: Estudos para uma sociedade sustentável**. São Paulo: Cortez, 1995.

LEITE, A. D. **A energia do Brasil**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997. 528 p.

LIMA, M. **Custos Logísticos na Economia Brasileira**. Disponível em: <www.ilos.com.br>. Acesso em: 25 maio 2010.

MAINGUY, Y. **L'Économie de l'Énergie**. Paris: Coll. Finances et économie, Dunod, 1967.

MARTIN, J. M. **A Economia mundial da Energia**. São Paulo: Editora UNESP, 1991

MARTINS, M. A. C.. **A estratégia de adaptação do Brasil à crises do petróleo**. Dez de 1977. Disponível em: <<http://www.aeconomiadobrasil.com.br/pdf/197712.ipea.crise.petroleo.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2010.

MATTOS, L. B. R. de. **A importância do setor de transportes na emissão de gases do efeito estufa: O caso do município do Rio de Janeiro**. 2001. 179 f. Dissertação (Mestrado) – COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2001.

MAY, P. H.; LUSTOSA, M. C.; VINHA, V. da (Org.). **Economia do meio ambiente: Teoria e prática**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003. 320 p.
MEDEIROS, H. S. de; DEZIDERA, D. A. Emissões de CO₂ na economia brasileira: Uma análise de decomposição. **Revista Brasileira de Energia**. v. 12, n. 2, p.1-8, 2006.

MELO, F. H. de; FONSECA, E. G. da. **Proálcool, energia e transportes**. São Paulo: Pioneira, 1981.

MEMÓRIA DA ELETRICIDADE. **A Eletrobrás e a história do setor de energia elétrica no Brasil: Ciclo de palestras**. Centro da Memória da Eletricidade no Brasil, Rio de Janeiro, 2010.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA (MCT). **Inventário de emissões e remoções antrópicas de gases do efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal**. 1994. Disponível em: <www.mct.gov.br>. Acesso em: 30 jan. 2010.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA (MCT). **Inventário brasileiro das emissões e remoções antrópicas de gases do efeito estufa: Informações gerais e valores preliminares**. Nov. 2009. Disponível em: <www.mct.gov.br>. Acesso em: 30 jan. 2010.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. **Plano Nacional de Logística e Transportes – PNLT**. Brasília, 2007. Disponível em: <www.mt.gov.br>. Acesso em: 08 nov. 2009.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Resenha energética brasileira**: exercício 2009. Brasília, 2010.

MONTIBELLER FILHO, G. **O mito do desenvolvimento sustentável**: Meio ambiente e custos sociais no moderno sistema produtor de mercadorias. 2. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2004. 306 p.

MUELLER, C. O debate dos economistas sobre a sustentabilidade: Uma avaliação do processo produtiva de Georgecu-Roegen. **Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 4, n. 35, p. 687-713, out. 2005.

MUELLER, C. **Os economistas e as relações entre o sistema econômico e o meio ambiente**. Brasília: Universidade de Brasília, 2007. 562 p.

NONGOVERNMENTAL INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (NIPCC). **Climate change reconsidered**. Washington: NIPCC, 2009.

NETO, D. Dilemas e questões do biodiesel na matriz energética. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA, 11., 2006, Rio de Janeiro. **Anais...** . Rio de Janeiro: Coppe, 2006. v. 1, p. 401 - 415.

NOGUEIRA, L. A. H. **Produção e processamento de petróleo e gás natural no Brasil**: Perspectivas e sustentabilidade nos próximos 20 anos. Disponível em: <libdigi.unicamp.br/document/?view=18>. Acesso em: 16 maio 2010.

PASDERMADJIAN, H. **La Segunda Revolución Industrial**. Ed. Tecnos, 1960.

PEARCE, D.; HAMILTON, K. ; ATKINSON, G. Measuring sustainable development: progress on indicators. **Environment And Development Economics**, Cambridge, n. 1, p. 85-101, 1996.

PEREIRA, B. A. Agroindústria Canavieira: Uma análise sobre o uso da água nos processos agrícolas e industriais da produção sucroalcooleira

paulista. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA ECOLÓGICA, 8., 2009, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: Ecoeco, 2009.

PERRINGS, C. **Economy and Environment: A theoretical essay on the interdependence of economic and environmental systems.** Cambridge: Cambridge University Press, 1987.

PINTO JUNIOR, H. Q. et al. (Org.). **Economia da Energia: Fundamentos econômicos, evolução histórica e organização industrial.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2007. 343 p.

RIBEIRO, S.. A importância do setor de transportes no painel intergovernamental de mudanças climáticas. **Transportes**, v. 1, n. 1, p.5-6, jun. 2007.

ROMEIRO, A. R. “Economia ou economia política da sustentabilidade”, In: MAY, P. H., LUSTOSA, M. C., VINHA, V. (Orgs.), **Economia do Meio Ambiente: Teoria e Prática.** Rio de Janeiro: Editora Campus, 2003, p. 1-29.

ROSA, L.P.; SCHAEFFER, R.; SANTOS, M. A. Are hydroelectric dams in the brazilian Amazon significant sources of greenhouse gases?. **Environmental Conservation**, 66, p. 2-6, 1996.

ROSA, L. P. (Org.). **Emissões de dióxido de carbono e de metano pelos reservatórios hidrelétricos brasileiros: relatório final.** Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2000.

ROSA, L. P. et al. Emissões de gases do efeito estufa por hidrelétricas. **O Ecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p.116-129, 2008.

SACHS, I. “Do crescimento econômico ao ecodesenvolvimento”. In. CORDEIRO, R. C. et al (Orgs.) **Desenvolvimento e Meio Ambiente no Brasil: A contribuição de Ignacy Sachs.** Porto Alegre: APED, 1998, p. 161-165.

SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável.** 3. ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2008. 96 p.

SACHS, I. A revolução energética do século XXI. **Estudos Avançados**, São Paulo, n. 21, p.21-38, 2007.

SACHS, Ignacy. **Estratégias de transição para o século XXI: desenvolvimento e meio ambiente**. São Paulo: Nobre/Fundap, 1993.

SCHIPPER, L., MARIE-LILLIU, C.; GORHAM, R. **Flexing the link between transport and greenhouse gas emission – A path for the World Bank**. 2000. Disponível em: <www.iea.org>. Acesso em: 23 maio 2010.

SECRETARIA DE ESTADO DE TRANSPORTES DO RIO DE JANEIRO (SET/RJ). **Sistema de transportes**. 2010. Disponível em: <http://www.transportes.rj.gov.br/sistemas/sistemas_evolucao.asp>. Acesso em: 07 jul. 2010.

SILVA. Antonio Carlos Macedo. **Petrobrás: a consolidação do monopólio estatal e a empresa privada (1953-1964)**. 1985. Dissertação (Mestrado) Instituto de Economia/UNICAMP, Campinas, 1985.

SILVA, M. A da. “Economia dos Recursos Naturais” In: MAY, P. H., LUSTOSA, M. C., VINHA, V. (Orgs.), **Economia do Meio Ambiente: Teoria e Prática**. Rio de Janeiro: Campus, 2003, p. 33-60.

SOLOW, R. **Growth Theory: an exposition**. Oxford: Oxford University Press, 2000.

SOLOW, R. **An almost practical step toward sustainability**. Disponível em: <<http://ideas.repec.org/a/eee/jrpoli/v19y1993i3p162-172.html>>. Acesso em: 13 jan. 2010.

SPENCE, M. (Org.). **The growth report: Estrategies for sustained growth and inclusive development**. 2008. Disponível em: <www.growthcommission.org>. Acesso em: 13 mar. 2010.

STERN, N. **El informe Stern: La verdad del cambio climatico**. Barcelona: Paidós, 2007. 389 p.

SURI, V.; CHAPMAN, D. Economic growth, trade and energy: implications for the environmental Kuznets curve. **Ecological Economics**, n. 25, p.195-208, 1998.

THEIS, I. M. **Crescimento econômico e demanda de energia no Brasil**. Blumenau: FURB, 1990. 206 p.

TOLMASQUIM, M. T.; GUERREIRO, A.; GORINI, R. Matriz energética brasileira: Uma prospectiva. **Novos Estudos**. n. 79, p. 47-69, nov. 2007.

VAN DEN BERGH, J. **Ecological economics**: Themes, approaches, and differences with environmental economics. 2000. Disponível em: <www.tinbergen.nl/discussionpapers/00080.pdf>. Acesso em: 03 fev. 2010.

VEIGA, J. E. da (Org.). **Desenvolvimento sustentável**: O desafio do século XXI. 3. ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2008. 220 p.

VEIGA, José Eli da. **Mundo em transe**: Do aquecimento global ao ecodesenvolvimento. São Paulo: Autores Associados, 2010. 128 p.

VIEIRA JUNIOR, P. A. et al. A produção brasileira de cana-de-açúcar e o deslocamento da fronteira agrícola no estado do Mato Grosso. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA ECOLÓGICA, 8., 2009, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: Ecoeco, 2009.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (USP). Transporte no Brasil. 2010, Disponível em: <www.cepa.if.usp.br/energia/energia1999/grupo4a/transportebrasil.htm>. Acesso em: 03 fev. 2010.

WERNER, D.; TAVARES, D. A. C. Hidrelétricas e desenvolvimento sustentável: Uma combinação possível? In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA ECOLÓGICA, 8., 2009, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: Ecoeco, 2009.

ZICHICHI, A. **Meteorology and climate**: Problems and expectations. Apr. 2007. Disponível em: <<http://www.pcgp.it>>. Acesso em: 20 jun. 2010.