

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A REDAÇÃO FINAL DA
TESE DEFENDIDA POR _____

_____ E APROVADA PELA
COMISSÃO JULGADORA EM 13 / 08 / 1966.


ORIENTADOR

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

Avaliação dos Impactos Macroeconômicos Quanto à Implementação de uma Eco-Tax no Brasil

Autor: **Miriam Liliana Hinojosa Suárez**
Orientador: Prof. Dr. **Sinclair Mallet-Guy Guerra**

H594a

29600/BC

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS**

Avaliação dos Impactos Macroeconômicos Quanto à Implementação de uma Eco-Tax no Brasil

Autor: Miriam Liliana Hinojosa Suárez
Orientador: Prof. Dr. Sinclair Mallet-Guy Guerra

Curso: Engenharia Mecânica
Área de Concentração: Planejamento de Sistemas Energéticos

Dissertação de mestrado apresentada à comissão de Pós Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Planejamento de Sistemas Energéticos

Campinas, S.P. - Brasil
1996

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

H594a

Hinostroza Suárez, Miriam Liliana

Avaliação dos impactos macroeconômicos quanto à implementação de uma "Eco-Tax" no Brasil / Miriam Liliana Hinostroza Suárez.--Campinas, SP: [s.n.], 1996.

Orientador: Sinclair Mallet-Guy Guerra.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

1. Meio ambiente - Energia. 2. Dióxido de carbono atmosférico. 3. Efeito estufa (Atmosfera). 4. Proteção ambiental. 5. Política ambiental - Aspectos econômicos. I. Guerra, Sinclair Mallet-Guy. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica. III. Título.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS**

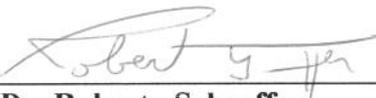
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**Avaliação dos Impactos Macroeconômicos
Quanto à Implementação de uma Eco-Tax no
Brasil**

Autor: **Miriam Liliana Hinostrroza Suarez**
Orientador: **Prof. Dr. Sinclair Mallet Guy Guerra**



Prof. Dr. Sinclair Mallet-Guy Guerra
FEM/UNICAMP



Prof. Dr. Roberto Schaeffer
COPPE/UFRJ



Prof. Dr. Electo Silva Lora
FEM/UNICAMP

Campinas, Julho 1996

Dedicatória:

A Rodolfo e Mida, meus pais

Gladys, Doris, Angel, Alcira e Walter, meus irmãos

Oscar, Ernestina (in memoriam), meus avós

.... meu principal grupo fornecedor de energia: o seu amor.

Agradecimentos

Quero registrar meu agradecimento a todas as pessoas, que de uma ou outra maneira, contribuíram para a concretização deste trabalho, fruto de gratificações pela aquisição de conhecimento e experiência por um lado e de sacrifícios por outro. Por isso, obrigada aos meus pais e irmãos que desde longe torceram e souberam me estimular para não desmaiar neste árduo caminhar. Aos professores, funcionários, amigos e colegas, pelo ensino, solidariedade, amizade e companheirismo; que no prosseguir destes parágrafos irei mencionando.

Primeiramente, ao **Prof. Dr. Sinclair Mallet-Guy Guerra**, meu orientador, que com sua costumeira amabilidade e desprendimento soube atender minhas solicitações, pelas sempre acertadas sugestões e incisivas palavras de estímulo.

À **Profa. Dra. Maria Heloisa**, pela paciência e acertada correção da redação e do Português, da versão preliminar da Dissertação.

Aos **Profs. Drs. Oswaldo Sevá Filho e Célio Berman (USP)** que participaram da banca no meu exame de qualificação pelas valiosas sugestões, e críticas para a melhora do trabalho.

Aos **Profs. Drs. José Roberto Moreira e José Goldemberg** pelas atentas leituras e críticas da versão preliminar do segundo e quinto Capítulos.

À **Isabel Santoro**, Diretora da BAE que em meio de suas inúmeras labores acadêmicas, não lhe faltou interesse e disposição para corrigir a gramática e redação do texto final. À **Joana** pela paciência ao verificar as referências.

Ao **Prof. Electo Silva Lora**, pela sua contribuição ao me fornecer de informação e pelas valiosas sugestões.

À **Ester, Neuza, Vera, Denisse e Rodrigues**, que com sua costumeira simpatia e paciência souberam resolver minhas solicitações.

Agradeço à **CAPES**, por ter subvencionado, durante este tempo, a minha permanência neste País, e faço votos para ela continuar apoiando à pesquisa científica em áreas do desenvolvimento do Brasil.

A todos os amigos do Departamento de Planejamento de Sistemas Energéticos e de outros departamentos pelo companheirismo, pela força, e sobre tudo por ter feito divertido e menos árdua toda esta etapa da minha permanência em Campinas: À Bárbara, Julia, Camila, Roberto, Omar, (companheiros de sala) Maximino, Hipólito, Chan, Eduardo, Marcelo, Máximo, Manuel, Marco, Mirko, Lourenço, López e Rocha.

Sou especialmente grata à Sara, Rosana, Maria Luisa, Rodolfo, Rafael, Claudia e Arsenio, aos quais meu débito vai além do apoio e estímulo à grande amizade que construímos neste período. Agradeço também ao Madureira pela leitura e correções do Português da versão preliminar do segundo Capítulo.

Minha especial gratidão à Sarah, pelo inestimável apoio e companheirismo.

À minha compatriota e amiga Marleny, pelo carinho, amizade e por compartilhar comigo os bons e não tão bons momentos.

A minha família no Peru, pelo carinho e apoio, principal fonte de energia para continuar, e pelo incentivo ao longo destes anos: ao meu avô Oscar por ter me inculcado ideais de superação; à Nelly e Teodoro, meus tios; à Liz, Sandy e Pool meus primos; à Rocío minha cunhada; à Evelyn e Krisia, minhas sobrinhas; ao Steve, meu sobrinho, pela cota de alegria; à Alcira e Pamela, pela torcida.

Ao **Walter**, por não saber como te agradecer, simplesmente obrigada, pelo teu apoio, pelo desprendimento e pela força que fizeram possível atingir mais uma meta e culminar satisfatoriamente esta etapa. Eternamente grata, pela tua companhia e amor durante todo este tempo.

El futuro tiene varios nombres:
para el débil, lo inalcanzable;
para el miedoso, lo desconocido;
para el corajudo, la oportunidad.

Victor Hugo

Lista de Figuras

Cap./Fig.		Página
3.1	Emissão de CO ₂ com e sem políticas de redução no curto prazo	35
3.2	Emissão de CO ₂ com e sem políticas de redução no longo prazo	36
3.3	Índice de variação anual do PIB (1965-1995)	44
4.1	Tendências do Consumo de Energia no Brasil 1978-1994	51
4.2	Tendências do Consumo de Gasolina e Álcool no Brasil 1978-1994	52
4.3	Consumo de Energia Primária: Participação Relativa por Setor	54
4.4	Consumo de Biomassa: Participação Relativa por Setor	55
4.5	Consumo de Energia Secundária: Participação Relativa por Setor	56
5.1	Participação Relativa de Cada Fonte nas ENB de CO ₂	71
5.2	Participação Relativa por Fonte nas EB de CO ₂	72
5.3	Evolução das EB e ENB de CO ₂ 1979-1994	73
5.4	EB e ENB de CO ₂ por Setor - 1994	74
5.5	Participação por Setor na Emissão Total de CO ₂ em 1994	75
5.6	Participação por Setor nas EB de CO ₂ em- 1994	76
5.7	Participação Relativa dos Setores nas ENB de CO ₂ em 1994	76
5.8	Participação do Setor Industrial na Emissão Total de CO ₂ - 1994	77
5.9	Participação do Setor Industrial na EB de CO ₂ - 1994	78
5.10	Participação do Setor Industrial na ENB de CO ₂ - 1994	78
5.11	Participação do Setor Transporte na ENB de CO ₂ - 1994	79
5.12	Projeção da Emissão de CO ₂ para 2005 no Cenário 1	83
5.13	Projeção da Emissão de CO ₂ para 2005 no Cenário 2	85
5.14	Projeção da Emissão de CO ₂ para 2005 no Cenário 3	86
5.15	Projeção da Emissão de CO ₂ para 2005 no Cenário 4	88
6.1	Comportamento do PIB no Cenário 1	101
6.2	Comportamento do PIB no Cenário 2	102
6.3	Comportamento do PIB no Cenário 3	103
6.4	Comportamento do PIB no Cenário 4	104

Lista de Tabelas

Cap./Fig	Página	
2.1	Intensidade Energética no Brasil 1974-1994	13
2.2	Participação dos gases na formação do Efeito Estufa	16
4.1	Oferta e Consumo de Energia no Brasil 1980-1994	48
4.2	Participação Relativa de cada Energético na Demanda Total de Energia 1980-1994	50
4.3	Participação de Consumo de Energia por Gênero de Indústria	58
5.1	Coeficientes de Emissão de CO ₂	68
5.2	Emissão não Biogênica de CO ₂ por Fonte 1979-1994	70
5.3	Emissão Biogênica de CO ₂ por Fonte 1979-1994	72
5.4	Emissão Total de CO ₂ por Setor-1994	74
5.5	Emissão de CO ₂ no cenário de Crescimento Econômico Zero	83
5.6	Emissão de CO ₂ no cenário de Crescimento Econômico Tendencial (2% aa)	84
5.7	Emissão de CO ₂ no Cenário de Crescimento Econômico Intermediário (4% aa)	86
5.8	Emissão de CO ₂ no Cenário de Crescimento Econômico Alto (5% aa)	87
6.1	Alguns Modelos e os Resultados de seus Impactos da Taxação Ambiental no PIB	93
6.2	Tendências de Crescimento do PIB no Primeiro Cenário	100
6.3	Tendências de Crescimento do PIB no Segundo Cenário	101
6.4	Tendências de Crescimento do PIB no Terceiro Cenário	102
6.5	Tendências de Crescimento do PIB no Quarto Cenário	103
6.6	Impactos das reduções nas Emissões de CO ₂ mediante a imposição da “ <i>eco-tax</i> ”	104
6.7	Aplicações de Mecanismos de Mercado a Problemas Ambientais Urbano-Industriais	108

Nomenclatura

ABEMA	Associação Brasileira de Entidades de Meio Ambiente.
BEN	Balanço Energético Nacional
CAC	Command and Control
CEPAL	Comisión Energética para América Latina
CFC	Clorofluorocarbono
CFE	Consumo Final Energético
CH₄	Metano
CO	Monóxido de Carbono
CO₂	Dióxido de Carbono
CO₂T20	Projeção das emissões de CO ₂ com a imposição de US\$ 20/tEP
CO₂T30	Projeção das emissões de CO ₂ com a imposição de US\$ 30/tEP
CO₂T50	Projeção das emissões de CO ₂ com a imposição de US\$ 50/tEP
EB	Emissão Biogênica
EE	Efeito Estufa
ECO-TAX	Taxa Ecológica sobre emissão de CO ₂ por consumo de combustível Fóssil
EGTD	Energia Garantida por Tempo Determinado
ENB	Emissão não Biogênica
GEE	Gases de Efeito Estufa
GE	General Equilibrium
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
MA	Meio Ambiente
MtCO₂	Mega toneladas de CO ₂
OECD	Organisation for Economic Co-Operation and Development
PIB	Produto Interno Bruto
PIBSTAX	PIB sem tax no cenário de Crescimento zero
PIBT20	PIB com implantação de uma taxa de US\$ 20/tEP
PIBT30	PIB com implantação de uma taxa de US\$ 30/tEP
PIBT50	PIB com implantação de uma taxa de US\$ 50/tEP
PME	Propensão Marginal a Emitir
PPP	Princípio Poluidor Pagador
TMAC	Taxa Média Anual de Crescimento
tC	Toneladas de carbono
tEP	Tonelada Equivalente de Petróleo
TJ	Tera Joules
UE	União Européia
UNCED	Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento e Meio Ambiente
ΔC0	Taxa de crescimento econômico zero
ΔC2	Taxa de crescimento econômico 2%
ΔC4	Taxa de crescimento econômico 4%
ΔC5	Taxa de crescimento econômico 5%

Sumário

	Página
Capítulo 1. Introdução	1
Capítulo 2. Marco Conceitual	5
2.1 Economia e Meio Ambiente	5
2.1.1 Os Limites Ecológicos da Economia	7
2.1.2 Poluição Ambiental como Custo Externo	9
2.1.3 Externalidades e Bens de Tipo Público	10
2.2 Crescimento Econômico e Meio Ambiente	11
2.2.1 Limites do Crescimento	11
2.2.2 Papel da Energia	12
2.2.3 Limites Ambientais para o Uso da Energia	13
2.3 As Mudanças do Clima	14
2.3.1 O Efeito Estufa (EE)	15
2.3.2 As Atividades Econômicas e os Gases de Efeito Estufa (GEE)	17
2.3.3 O Comércio Mundial e os GEE	18
2.3.4 Os Efeitos do Aquecimento Global: A Globalidade do Problema Ambiental	20
2.4 O Controle Econômico do Meio Ambiente	20
2.4.1 Instrumentos para o Controle da Poluição	21
1. Livre Negociação	22

2. Regulação Direta (Comand and Control /CAC)	23
3. Instrumentos Econômicos	24
a) Taxas e Tarifas	25
b) Subsídios	26
c) Sistema de devolução de depósitos	27
d) Criação de Mercado	27
4. O Princípio Poluidor Pagador	28
2.4.2 Estabelecimento de Padrões Ambientais: Antecedentes Históricos	29
2.4.3 O Rol das Eco-Taxas	31
Capítulo 3. O Conceito de Impactos Macroeconômicos	33
3.1 Introdução	33
3.2 O Conceito de Impactos Macroeconômicos	34
3.3 O Vínculo entre Energia e PIB	36
3.4 Metodologia de Avaliação	38
3.5 Descrição do Modelo Macroeconômico de Crescimento a Longo Prazo	41
Capítulo 4. Mudanças Estruturais no Sistema Energético Brasileiro	47
4.1 Introdução	47
4.2 Análise da Estrutura e Evolução do Consumo de Energia Fóssil e Biomassa no Brasil	48
4.3 Consumo de Energia por Setor	53
4.3.1 Consumo de Energia Primária	53

4.3.2 Consumo de Biomassa	54
4.3.3 Consumo de Energia Secundária	55
4.4 Evolução do Conteúdo Energético no Setor Industrial	57
4.5 Importância da Biomassa na Matriz Energética	59
4.6 Comportamento dos Preços no Consumo de Energia	62

Capítulo 5. Cálculo e Projeção das Emissões de CO2

no Brasil	64
5.1 Introdução	64
5.2 Cálculo das Emissões de CO2 por Fonte	65
5.3 Metodologia Utilizada	67
5.4 Apresentação dos Resultados	68
5.4.1 Emissões não Biogênicas	68
5.4.2 Emissões Biogênicas	71
5.5 Cálculo das Emissões de CO2 por Setor - 1994	73
5.5.1 Participação Relativa por Setor na Emissão Total de CO2 - 1994	75
5.5.2 Participação Relativa por Setor na EB - 1994	75
5.5.3 Participação Relativa por Setor na ENB - 1994	76
a) Setor Industrial	77
b) Setor Transportes	79
5.6 Medidas para Reduzir as Emissões de CO2 no Brasil	79
5.7 Projeção das Emissões de CO2 para o Ano 2005	81
5.7.1 Metodologia	81

Capítulo 6. Implementação de uma “Eco-Tax” no Brasil:

Avaliação Macroeconômica	89
65.1 Introdução	89
6.2 Antecedentes Históricos	90
6.3 Uso das Receitas das “Eco-Taxas”	94
6.4 Possível Implementação de uma Eco-Tax no Brasil	95
6.5 Impactos Macroeconômicos da Imposição das Eco-Taxas	97
6.5.1 Impactos Econômicos e Sociais	99
6.5.2 Efeitos Indiretos	105
6.6 Considerações Finais	107
Capítulo 7. Conclusões e Sugestões	110
Referências	115
Anexo	124

Resumo

A mudança do clima pela concentração de gases de efeito estufa (GEE), cujas emissões têm-se incrementado nos anos recentes na atmosfera, é uma das grandes questões com vista à introdução de melhorias nas políticas energéticas do Brasil, país, como todos, não imunes àqueles problemas. Considerando o caráter global do problema dos GEE, reduzir as emissões de dióxido de carbono/CO₂ é particularmente importante, por ser responsável por 50% do impacto advindo da emissão antropogênica de GEE. Existe na atualidade uma forte tendência à aplicação de taxas sobre o uso de combustíveis fósseis como uma das medidas visando a diminuir suas emissões. Debatem-se no mundo inteiro, sobretudo nos países desenvolvidos, várias formas de implementação dessas taxas. Seja qual for a modalidade de taxa, o propósito fundamental dessa arrecadação seria reduzir a poluição e assegurar um “estado aceitável” para o meio ambiente. Portanto, o objetivo principal deste trabalho é avaliar quais seriam os impactos econômicos, políticos e sociais ante uma possível aplicação de instrumentos econômicos como política ambiental no Brasil, na forma de “*eco-tax*” impostas a níveis suficientes para reduzir significativamente as emissões de CO₂ provocadas pela queima de combustíveis fósseis, necessárias ao funcionamento do sistema econômico. Para atingir esse objetivo apresenta-se uma metodologia que consiste na elaboração de um modelo de crescimento a longo prazo (MCELP), que calcula o comportamento econômico representado pelo PIB, ante a imposição de três tipos de taxas sobre o consumo de combustível a saber US\$ 20, 30 e 50/tEP. O impacto dessas taxas na economia se faz sobre quatro cenários que consistem em taxas de crescimento da economia brasileira: 0, 2, 4 e 5%, cujos resultados são comparados com o cenário tendencial. A aplicação das *eco-taxas* comprometeria seriamente o crescimento econômico já que, por exemplo, a imposição de US\$ 30/tEP, quando a economia estiver crescendo em 2%, diminuiria as emissões de CO₂ em 26% e o crescimento do PIB cairia em 1%.

Abstract

Climate change for green house gases (GHG) concentration, which emissions have ultimately been incremented into the atmosphere, is one of the main issues focusing the Brazilian energetic politics development. Considering the global character of the GHG problem, it is particularly important to mitigate CO₂ emissions because it is responsible for almost 50% of the anthropogenic concentrated gases in the air. Actually, there is a vast tendency to impose taxes on fossil fuel use as a measure to mitigate CO₂ emissions. Several ways of setting those taxes is discussed in all around the world, specially in developed countries. The main purpose of the tax would be pollution abatement and assuring an acceptable state for the environment. Thus, the main objective of the study is to evaluate the macroeconomic impacts of economic instruments application as a CO₂ mitigation option in Brazil. Enough levels of an “*eco-tax*” is supposed to be imposed to curtail significantly CO₂ emissions related to fossil fuel burning, necessary for economics system operation. A long run economic growth model (LREGM) is presented as a methodology to evaluate those impacts. The LREGM calculates the economic growth represented by GDP in case of imposing three different taxes to energy-relating-emissions: US\$ 20, 30, and 50/toe. The evaluation is made over four different scenarios where the Brazilian economy is supposed to growth at 0, 2, 4 and 5%. The results are compared with the business-as-usual scenario. Thus, the Brazilian economic growth would seriously be affect by the application of an *eco-tax*. For example, the imposition of US\$ 30/toe, at 2% economic growth scenario, would mitigate CO₂ emissions in 26% reducing at the same time GDP growth in 1%.

Resumen

Los cambios climáticos por la concentración de gases de efecto invernadero (GEI), cuyas emisiones se han incrementado en los años recientes en la atmósfera, es una de las grandes cuestiones que vislumbra la introducción de mejoras en las políticas energéticas del Brasil, país como todos no inmune a esa problemática. Considerando el carácter global del problema de los GEI, reducir las emisiones de CO₂ es particularmente importante, por ser responsable por el 50% de las emisiones antropogénicas de los GEI. Actualmente, existe una fuerte tendencia a la aplicación de tasas sobre el uso de combustibles fósiles como una medida para disminuir esas emisiones. En el mundo entero, sobre todo en los países desarrollados, se debaten varias formas de implementación de esas tasas. No importando la modalidad de la tasa, el objetivo fundamental de esa recaudación es reducir la polución y asegurar un “estado aceptable” para el medio ambiente. Por lo tanto, el objetivo principal deste trabajo es evaluar los impactos económicos, políticos e sociales ante una posible aplicación de instrumentos económicos como política ambiental en el Brasil, en forma de “*eco-tax*” impuestas a niveles suficientes para reducir significativamente las emisiones de CO₂ provocadas por la quema de combustibles fósiles, necesarias, a su vez, para el funcionamiento del sistema económico. Para alcanzar dicho objetivo se presenta una metodología que consiste en la elaboración de un modelo de crecimiento a largo plazo (MCELP), que calcula el comportamiento del crecimiento económico representado por el PIB, ante la imposición de tres tasas sobre el consumo de combustible a saber US\$ 20, 30 y 50/tEP. El impacto de la imposición de esas tasas se hace sobre cuatro escenarios que consisten en niveles de crecimiento de la economía brasileña: 0, 2, 4 y 5%, cuyos resultados son comparados con el escenario de tendencia. La aplicación de las *eco-tasas* comprometería seriamente el crecimiento económico ya que, por ejemplo, la imposición de US\$ 30/tEP, si la economía estuviera creciendo al 2%, reduciría las emisiones de CO₂ en 26% con la consiguiente reducción del PBI en 1%.

1. Introdução

As possibilidades de utilização racional de energia (considerando influências sociais e ecológicas), assim como a sustentação do desenvolvimento econômico são dois dos vários propósitos básicos do Planejamento Energético. As mudanças no clima devidas ao aquecimento global do planeta provocado pelo efeito estufa são geralmente creditadas ao consumo de energia. Há um indicativo de que os países em desenvolvimento devam ter participação crescente na demanda de energia devido, principalmente, a que o atual modelo de desenvolvimento considera a construção de indústrias e tecnologias intensivas em energia.

Por essa razão, existe na atualidade um debate internacional quanto à adoção de Políticas de Controle do Meio Ambiente (MA) e observa-se uma forte tendência quanto à aplicação de taxas ou impostos sobre o uso de combustível fóssil, como uma das medidas para diminuir as emissões de gases de efeito estufa (GEE), sobretudo o dióxido de carbono/ CO₂ sendo este o resultado inevitável da combustão de combustíveis a base de carbono. Discute-se no mundo inteiro, sobretudo nos países desenvolvidos, várias formas de implementação dessa taxa. Como um exemplo, salienta-se o caso do Princípio do Poluidor Pagador (PPP) criado pela então CEE e pela OECD em 1972, como taxa sobre a emissão de carbono ou por degradação ao meio ambiente. Seja qual for a modalidade da taxa, o objetivo fundamental dessa arrecadação é reduzir a poluição e assegurar um “estado aceitável” para o meio ambiente, além de formar um fundo que permita financiar o desenvolvimento de fontes alternativas

Com relação à aplicação dessas medidas discute-se quais seriam os possíveis impactos econômico-político-sociais, tanto nos países do primeiro mundo quanto nos demais. Os principais argumentos são:

- a) tais medidas podem afetar mais os países em desenvolvimento do que os países desenvolvidos;

- b) os países em desenvolvimento não estão em condições de adotar medidas necessárias para se adaptarem e mitigarem os efeitos das mudanças no clima;
- c) os países em desenvolvimento (em particular os tropicais) têm uma condição especial no que diz respeito à conservação da floresta como reguladora das emissões de carbono.

Por essa razão, tais países teriam que enfrentar uma dupla tarefa: por um lado, melhorar ou desenvolver a eficiência do seu sistema de produção e enfrentar os possíveis impactos adversos das taxas; por outro, priorizar a educação e a saúde, pois é um dos seus propósitos a erradicação da pobreza e a melhoria dos níveis de condição de vida de suas populações.

A opção da ajuda internacional e de transferências de recursos de países industrializados a os outros é imprevisível. O debate das implicações decorrentes desse fato tem se centrado em:

- a) induzir países tropicais a se valerem de mecanismos que obstem o desmatamento;
- b) criar condições e mecanismos de ajuda externa, e
- c) criar “fundos de efeito estufa” através dos quais as transferências poderiam vir a ser feitas.

A idéia do “fundo de efeito estufa”, como tem circulado na União Européia e nos Estados Unidos, pressupõe a imposição de taxas coletivamente acordadas sobre emissões de carbono e outros gases. A quantia arrecadada seria usada para criar uma fundação global que administraria os recursos. Esses fundos teriam como objetivo primeiro investir nos custos de adaptação dos países em desenvolvimento: defesa do mar, condução de desastres, pesquisa em agricultura, conservação de florestas, etc. Todo esse quadro estaria ligado à criação de uma nova autoridade do meio ambiente, o que significaria introduzir outra burocracia internacional gestora desses recursos.

Outra questão em debate é: qual seria o destino da arrecadação desses impostos. Na atualidade, existem duas correntes: uma cujo objetivo seria arrecadar fundos para o tesouro nacional dos países envolvidos como se fosse uma receita pelo pagamento de um prejuízo ao meio ambiente; a outra que advoga alocar esses fundos com o objetivo específico de criar mecanismos tecnológicos e legais a fim de inibir o incremento da emissão de GEE, especialmente de CO₂.

Neste trabalho pretende-se avaliar os impactos na economia brasileira, quando da aplicação de uma “*eco-tax*” pelas autoridades competentes do país.

Sob essa premissa, o **objetivo principal** desta dissertação é identificar e avaliar os impactos econômicos que a possível implementação de uma taxa sobre o uso de combustível fóssil causaria na economia brasileira. Os **objetivos específicos** são:

- a) ensaiar a aplicação de um instrumento econômico (“*eco-tax*”) para diminuir as emissões de CO₂ provenientes da queima de combustíveis fósseis;
- b) elaborar e aplicar um modelo macroeconômico de crescimento a longo prazo visando avaliar os impactos decorrentes da implementação dessa taxa.
- c) analisar a matriz energética brasileira identificando as principais mudanças estruturais da demanda de energia fóssil e as alterações no seu *mix* desde o segundo choque de petróleo;
- d) calcular as emissões de CO₂ provocadas pela queima de combustíveis fósseis no Brasil;

Portanto, no Capítulo 2 apresenta-se um marco conceitual com o objetivo de situar o trabalho dentro da área de conhecimento que neste caso é a economia e o meio ambiente (MA), tentando explicar as considerações econômicas sobre a proteção do MA, a integração deste nas decisões de políticas econômicas, procurando estabelecer o papel da energia como fator decisivo ou limitador do crescimento econômico.

O Capítulo 3 apresenta, em termos conceituais, o que são os impactos macroeconômicos. Assim, esse capítulo tem como objetivo apresentar uma revisão sobre os estudos existentes a respeito do conceito de custos ou impactos macroeconômicos da redução dos GEE. Discutem-se os vários tipos de metodologias para avaliar as políticas de redução dos GEE existentes e usados nos países onde se aplicam, e ainda existem propostas de aplicação, das “*eco-taxas*”. É apresentada e descrita também a metodologia adotada para o caso brasileiro, a qual consiste na elaboração de um ***modelo macroeconômico de crescimento econômico a longo prazo***

Como as emissões estão atribuídas, na sua maioria, à queima de combustíveis, no Capítulo 4 apresenta-se uma análise da estrutura do consumo de energia fóssil e outros que emitem CO₂, no Brasil, tentando-se descobrir as mudanças estruturais ocorridas na matriz energética do país decorrentes da implementação de políticas energéticas enfocadas à não dependência externa de petróleo e à proteção do MA.

O Capítulo 5 tem como meta principal calcular as emissões de CO₂ a partir do consumo de energia fóssil e de biomassa no Brasil, em um horizonte temporal considerável. Também se faz uma projeção das mesmas para o ano 2005, sob dois cenários:

- a) emissões de CO₂ na ausência de políticas de redução;
- b) emissões de CO₂ na presença da política de redução proposta. Esta consiste na suposta imposição de três categorias de taxas aplicadas ao consumo de combustíveis que emitem CO₂, cujos montantes seriam: US\$ 20, 30 e 50/tEP sobre o consumo de combustíveis.

No Capítulo 6, apresentam-se os resultados do uso do modelo descrito no Capítulo 3 para avaliar os impactos econômicos da aplicação dessas taxas. Aqui se consideram quatro cenários, que são os crescimentos da economia brasileira:

- a) Cenário 1: Crescimento econômico zero 0% a.a.
- b) Cenário 2: Crescimento econômico tendencial 2%a.a.
- c) Cenário 3: Crescimento econômico intermediário 4% a.a.
- d) Cenário 4. Crescimento econômico alto 5% a.a.

Para cada cenário considera-se a imposição das três taxas citadas acima. Assim teremos o comportamento do crescimento econômico do Brasil, representado pelo PIB, para cada nível de crescimento, considerando as taxas impostas visando às reduções de CO₂.

Finalizando, no Capítulo 7 apresentam-se as conclusões fundamentadas na dissertação/análise, e as sugestões para possíveis futuros trabalhos, que também poderão enfocar a implementação de políticas de redução de GEE, envolvendo impactos econômicos, políticos e sociais.

2. Marco Conceitual

2.1 Economia e Meio Ambiente

A preocupação com os problemas ambientais, como por exemplo a exploração indiscriminada dos recursos naturais e a degradação de algumas espécies vivas, tem sido motivo do surgimento de pesquisas dentro de uma nova linha do pensamento econômico. Uma linha não convencional que vem sendo chamada de Economia do Meio Ambiente. Segundo seguidores dessa corrente, é importante reconhecer que a economia está sujeita a restrições físicas, já que é um sistema circular e aberto funcionando com o suporte do sistema ecológico.

Segundo **TURNER et al (1993)**, o meio ambiente (**MA**) é uma entidade não separada da economia uma vez que mudanças em um afetam o outro. Sem dúvida, nenhuma decisão econômica pode ser feita sem afetar o MA, tanto o natural quanto o criado pelo homem, ou seja não pode ocorrer uma mudança no MA sem haver um impacto no sistema econômico. Além disso, este está baseado no sistema ecológico e em sua interrelação (biosfera). Trata-se de um vínculo evidente, na medida em que para funcionar a economia deve extrair recursos (matéria prima e combustível) do MA, processá-los e jogar grandes quantidades de resíduos, lixo e/ou recursos quimicamente transformados (dejetos e rejeitos) no ambiente.

Por isso, os *economistas ambientalistas* insistem nas externalidades negativas, por exemplo as associadas ao lixo gerado pelo sistema econômico, fato até aqui considerado isolado, comum e inevitável. Por outro lado, seu significado econômico tende a aumentar à medida que as economias se desenvolvem e as condições do ambiente para recebê-los e assimilá-los diminuem, incrementando assim o valor dos recursos naturais.

As origens da Economia do MA são recentes, tendo tomado impulso nos anos sessenta, momento da primeira onda do moderno e popular pensamento “verde”, e nas

percepções políticas dos países desenvolvidos. É quando a noção do “ambientalismo”, por exemplo, passou a ser enfocada (**O’RIORDAN, 1983**).

Presentemente, com o intento de introduzir as questões ambientais na economia, **HOELLER, et al (1991)** analisam a dimensão econômica dos problemas do MA sob duas ópticas:

- a) considerar como o pensamento econômico deveria dar a devida dimensão às medidas sobre o meio ambiente e,
- b) considerar como o meio ambiente deveria ser melhor integrado às decisões de políticas econômicas.

Nesse mesmo contexto, o autor assinala que o aumento de interesse do MA nas discussões de políticas econômicas pode ser atribuído a vários fatores relacionados entre si:

- a) conscientização crescente de que os problemas do MA necessitam de decisões econômicas importantes para incrementar o bem-estar social;
- b) reconhecimento que os custos e outros aspectos econômicos têm um papel chave nesse processo com importantes efeitos macroeconômicos;
- c) consideração do fato de que as falhas ou distorções do mercado não diretamente relacionados ao uso dos recursos do meio ambiente podem trazer conseqüências danosas, por exemplo quando a congestionamento do tráfego em áreas urbanas incrementa as emissões associadas à quantidade de viagens realizadas.
- d) acentuação da necessidade do processo das coordenações internacionais de políticas de MA; a preocupação acerca dos efeitos de certas emissões na camada de ozônio e o clima global são os dois exemplos mais notáveis e motivo de novos debates.

De fato, ter em consideração esses quatro fatores é fundamental se se quer direcionar a economia com o intuito de incluir a conservação do ambiente no modernamente chamado *desenvolvimento sustentável*.

Apesar da degradação global dos recursos naturais ter sido muito debatida desde os anos sessenta, poucos aceitam a evidência de que a economia mundial avança em direção a uma crise de recursos. A preocupação persiste, e por essa razão **NICOLAISEN et al (1991)** abordam o assunto de uma perspectiva diferente. Esses autores consideram que há uma dimensão econômica importante para os problemas do MA por duas razões básicas. As de:

- a) avaliar a divergência dos custos privados de uma atividade e os sociais, caracterizando o mau uso de muitos recursos, especialmente água e ar, o que significa que a transação desejada entre o meio ambiente e produção de bens e serviços não é atingida pelas condições de *laissez-faire*; e
- b) dimensionar a preocupação macroeconômica das políticas e dos incrementos do desenvolvimento, simultaneamente do impacto da estrutura do crescimento sobre o MA. O anterior será mais amplamente discutido no capítulo 5.

2.1.1 Os Limites Ecológicos da Economia

A ameaça do esgotamento dos recursos naturais se evidencia cada vez mais devido à crescente e desordenada exploração destes. A natureza renovável de alguns desses recursos tem facilitado a sua exploração a taxas maiores que as consideradas ótimas. Isso coloca importantes desafios quanto à implantação de políticas eficientes ao uso racional dos recursos, sejam eles renováveis ou não.

A natureza como limitante do crescimento econômico surgiu com ênfase em publicações sobre o desenvolvimento a partir dos anos setenta, sobretudo por uma das primeiras, o livro *Os Limites do Crescimento* do Clube de Roma (**MEADOWS et al, 1972**). Neste trabalho os autores criticaram duramente o enfoque otimista e depredador dos recursos, imperante na época. Essa crítica teve grande repercussão quando da primeira crise do petróleo, ocorrida meses após a publicação daquela obra.

Uma das razões que explicam a negligência em relação aos temas ambientais nas teorias sobre desenvolvimento econômico reside na forma como se entendia o processo do crescimento. O enfoque neoclássico centra-se no problema da taxa ótima de acumulação de capital, já que supõe que o crescimento se origina da alocação dos fatores e do progresso tecnológico. Os recursos naturais participam como mais um insumo reproduzível. Também se admite o fato de os recursos naturais serem disponíveis em quantidades ilimitadas, não se constituindo em efetiva restrição ao aumento da produção. Nesse cenário de recursos ilimitados o aumento da população é entendido, até certo ponto, como um elemento dinamizador desse crescimento.

Atualmente, as atividades econômicas tendem a ser limitadas pela capacidade do ambiente natural. O conceito dos limites tem suas origens no trabalho de pensadores como **MALTHUS (1798), RICARDO (1817), MILL (1857) e MARX (1867)**.

A preocupação de **Malthus** baseou-se nos “limites absolutos” ou carência. Sintetizando suas colocações pode-se dizer que, para ele, quando a economia se desenvolvia o crescimento da população ultrapassaria os meios de subsistência e um estado de miséria, ou estado estacionário, seria o inevitável resultado final.

Ricardo adotou uma perspectiva mais sofisticada e levemente otimista quando argumentava que os “limites relativos” ou carência era o real problema para o crescimento da economia. Na análise ricardiana, os limites são estabelecidos pelos custos crescentes à medida que os recursos de mais alto grau, explorados primeiro, chegam a ser esgotados e têm que ser substituídos por recursos de menor grau. Em sua análise também se introduz o conceito de apropriação de renda, definido como o ingresso líquido sobre os custos de produção, associado ao fato de que existe um recurso fixo (terra) de qualidade heterogênea.

Mais tarde, no século XIX, **Marx** ressaltou as possibilidades de que o crescimento econômico poderia ser limitado pela inquietude social e política dentro das economias nacionais e no contexto mundial.

Os “limites sociais” do crescimento foram retomados por alguns economistas durante o desenvolvimento da *Economia Ambiental* nos anos setenta deste século. No começo dessa década, a evidência da opinião pública dos países desenvolvidos indicava que, apesar de enormes incrementos absolutos no padrão material de vida, a sociedade, de modo geral, não se sentia mais feliz.. Chamou-se a isso o paradoxo de **EASTERLIN (1974)**. O “sentir bem” era um fenômeno complexo, influenciado tanto pela receita relativa e estrato social quanto pelas quantidades absolutas.

Os “limites sociais” ao crescimento também se estenderam e foram mais elaborados durante a década de setenta, com a adição do conceito moral implicando crescimento econômico. Os temas éticos (*o errado e o certo*) foram entendidos por alguns como uma forma de colocar obstáculos à busca desenfreada de rápido crescimento do moderno sistema econômico e às perspectivas das futuras gerações humanas.

Outro pensador de século XIX, **J.S. MILL (1857)**, acreditava que o processo do crescimento econômico terminaria no “estado estacionário”, ponto em que haveria um nível estático de população servida por uma quantidade fixa de infra-estrutura. Em termos

econômicos, haveria um estoque constante de capital humano e físico. Ele argumentava que era possível conceber essa sociedade de “estado estacionário” como socialmente desejável, dando às pessoas o tempo e o espaço para desfrutarem os aspectos espirituais, artísticos e educacionais da condição humana.

A idéia de “estoque constante” foi outra noção que ressurgiu durante os anos setenta. Tal idéia foi popularizada por **DALY (1973)**, em um livro que preconizava a criação deliberada de um não crescimento da economia de estado permanente. Para **DALY**, a questão política-chave é a real dimensão da economia relativamente a todo o sistema.

2.1.2 Poluição Ambiental Como Custo Externo

Segundo o moderno pensamento econômico, a Economia é um sistema aberto, no qual os objetivos de desenvolvimento necessitam ser compreendidos como partes integrantes de um processo de acumulação. Neste, sempre se considera a utilização dos recursos naturais, ao mesmo tempo como fonte básica e como observador dos resíduos gerados. Por isso, os três processos básicos (extração, produção e consumo) envolvem a geração de subprodutos (resíduos, lixo, dejetos, etc.) que eventualmente encontram seu caminho de volta ao meio ambiente (ar, água, ou terra). A definição econômica de poluição depende dos efeitos físicos deletérios ao meio ambiente e a conseqüente reação humana. Do ponto de vista econômico, tem havido uma perda não compensada do bem-estar humano devido à imposição de um custo externo (prejuízo à saúde, incremento da mortalidade, experiências de reações menos prazerosas etc) relacionado a problemas com o ar, com a água ou o solo. Portanto, a presença física da poluição ambiental não significa que a econômica exista.

PIGOU (1920) foi o primeiro a formalizar o impacto da poluição na economia, diferenciando em sua análise os custos privados (embutidos no combustível, matéria-prima na operação, etc.) e os sociais (na sociedade como um todo) das atividades de produção e consumo. Para esse autor, a poluição incrementa os custos externos que se encaixam entre os custos privados e sociais. Portanto, os custos sociais da produção ou do consumo são formados dos privados mais qualquer custo externo que possa estar presente. O nível socialmente ótimo dos custos externos talvez não seja zero, devido à capacidade natural do

ambiente em absorver algum desperdício e ao custo de controlar a poluição. Não se trata de uma posição fechada, circular nos seus objetivos, mas de uma composição relativa.

2.1.3 Externalidades e Bens de Tipo Público

A incorporação da questão ambiental pela teoria econômica passa pela alteração havida quanto à compreensão dos “*bens livres*”. De acordo com a microeconomia clássica, essa expressão refere-se àqueles bens cujo uso não implica custos e aos quais não se atribuíam preços. Muitos bens livres são também recursos de propriedade comum ou de acesso aberto. A combinação de uma fraca legislação de proteção dos direitos de propriedade sobre o uso descontrolado juntamente com o livre uso desses recursos têm levado inevitavelmente a elevados níveis de exploração, algumas vezes a ponto de destruir o estoque. As florestas tropicais, os recursos marinhos e a capacidade de assimilação dos desperdícios dos mares são todos exemplos dessa super-exploração.

O processo produtivo e o consumo de bens trazem com frequência custos ambientais externos e tais externalidades ocorrem por causa da natureza não excludente dos bens naturais. Como os direitos de acesso a esses recursos não são assinalados corretamente, o MA torna-se um bem público. Alguns problemas referentes ao MA podem ser resolvidos, caso sejam definidos os direitos à extração, à apropriação, ao uso, à transformação etc (COASE, 1960). As externalidades são geralmente definidas como efeitos da produção e do consumo, afetando positiva ou negativamente um terceiro agente. A atividade de um determinado agente econômico (planta produtora) pode provocar a perda de bem-estar de outro agente econômico (os consumidores adquirem doenças, por exemplo). Essa perda de bem-estar é involuntária e não compensada.

Segundo TURNER (1993), uma característica importante das externalidades é a existência de bens procurados pelas pessoas (ar e água limpa, paisagens etc.) e não vendidos no mercado. A maioria dos bens livres se enquadra na categoria na qual os valores do mercado não são disponíveis (bens de tipo público), ou seja correspondem ao consumo coletivo e não exclusivo. As mesmas características de muitos bens livres vêm fazendo com que o seu valor real (valor econômico total) seja subestimado ou ignorado. Eles têm surgido insentos de preço e por isso tornam-se ineficientes e abundantemente explorados. Uma das conseqüências tem sido a superprodução maciça e os conseqüentes,

significativos mas não intencionados, problemas de poluição. Por outro lado, **ALTVATER (1992)** aponta que a tendência à externalização indica ações não socializadas em torno do mercado, mas exteriores a este. Ainda na visão desse autor, os princípios referentes à externalização são muito precisos e deveriam ser imediatamente internalizados o que, no entanto, colide com a formulação das leis termodinâmicas.

2.2 Crescimento Econômico e Meio Ambiente.

2.2.1 Limites do Crescimento

A formulação neo-schumpeteriana enfoca a questão ambiental a partir da dinâmica tecnológica. Nesse sentido, “...os efeitos dos processos econômicos de transformação material e energética (...) tendem a possuir um alcance crescente com o desenvolvimento técnico” (**ALTVATER, 1992, P. 34**). Segundo essa perspectiva, os problemas ambientais representam limites ao crescimento dentro das atuais trajetórias tecnológicas, criando novas necessidades que tanto poderão se constituir em novas direções quanto permitir o desenvolvimento de padrões ambientalmente sustentáveis.

Do mesmo modo, nos últimos anos, a preocupação com a deterioração do MA tem acrescentado uma nova dimensão aos problemas econômicos e sociais. Isso porque “...a natureza tem como fonte de matérias-primas e depósito de emissões uma capacidade de absorção e de transformação tendencialmente decrescente, já que os encargos do passado atuam como restrições no presente” (**ALTVATER, 1994, P. 34**). Por isso, a atividade econômica está provocando perigosas mudanças no planeta, tais como a deterioração da camada de ozônio e a acentuação do chamado *efeito estufa (EE)*. Tal fato está obrigando a uma revisão de todas as concepções acerca do desenvolvimento econômico (**CEPAL, 1991**).

A atividade econômica pode ser entendida como a resultante dos processos de transformação de matéria e de energia. De acordo com a segunda lei da termodinâmica, há uma transformação qualitativa e uma diminuição quantitativa da energia utilizada na produção de materiais e no atendimento das necessidades humanas. Isso decorre do fato de toda e qualquer atividade econômica, como por exemplo produção, distribuição e

consumo, estar baseada no emprego de materiais e energia. Pelo fato de tanto uma quanto a outra não poderem ser destruídas em sentido absoluto, elas reaparecerão como resíduos, dejetos ou lixo os quais, eventualmente, serão devolvidos ao MA. Isso sugere que quanto mais a economia crescer, mais lixo, resíduo e dejetos serão produzidos. Se se acredita que o MA (os rios, os mares, a atmosfera) tem capacidade limitada para absorvê-los, pode-se inferir que há um limite à expansão da atividade econômica.

Tal expansão é medida pela capacidade incremental do PIB que, mesmo apresentando aspectos questionáveis¹, é reconhecido como o indicador do crescimento econômico. Sob essa perspectiva, poderia existir um limite ao crescimento à medida que a economia crescer em relação à capacidade limitada da natureza para absorver esses resíduos. Quando essa capacidade é excedida, são causados prejuízos severos ao MA, afetando drasticamente o bem-estar social.

A absorção do lixo, de resíduos e dejetos não é o único limite ao crescimento. A matéria e a energia transformadas pelo sistema econômico têm uma origem definida. Nesse caso, consideram-se basicamente duas fontes: as renováveis e as não renováveis. Se as primeiras forem usadas racionalmente, é possível recuperar, periodicamente, alguma parte. Caso os recursos naturais sejam usados de forma sustentável, as restrições ao seu uso poderão ser abrandadas. Quanto aos recursos não renováveis, não se pode afirmar, a mesma coisa, pois, por definição, há só uma quantidade limitada deles e sem condições de regeneração. Dessa forma, caso o crescimento econômico signifique utilizar mais e mais petróleo, por exemplo, haverá um limite a esse crescimento estabelecido pelo seu estoque disponível. Segundo **PEARCE (1993)**, isso é reconhecido como o “*limite aos recursos disponíveis*”.

2.2.2 Papel da Energia

Ao longo da história da humanidade, a energia tem sido um fator preponderantemente de desenvolvimento. A disponibilidade, o uso e exploração de novas fontes energéticas têm propiciado mudanças econômicas, sociais e ambientais. No passado, em cada época, uma forma de energia predominava sobre as demais. Quando uma nova

¹ O Human Development Index HDI/UN ou Índice de Desenvolvimento Humano das Nações Unidas, medido em uma escala que varia de 0 a 1, considera: a) expectativa de vida; b) o grau de formação escolar e c) a disponibilidade de recursos naturais, como mais representativos da qualidade de vida com a introdução de a) distribuição de renda e b) avaliação dos danos ambientais.

forma mais conveniente de energia surgia, ocupava gradualmente o lugar da anterior. A madeira e o carvão, fontes predominantes na primeira fase do processo de industrialização cederam lugar aos derivados de petróleo e a geração elétrica, para atualmente já permitirem ao gás natural a ocupação gradativa de espaços produtivos.

Muitos problemas ambientais, especialmente as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), têm sido atribuídos ao consumo de energia. A possibilidade de redução da demanda de energia por meio do aumento da eficiência de seu uso é uma opção óbvia.

Contudo, a quantidade da demanda de energia para produzir uma unidade de PIB nos países desenvolvidos tem mostrado um relativo decréscimo a partir dos anos setenta até hoje e o Brasil não está longe dessa realidade, conforme a **Tabela 2.1**. Isso mostra que uma unidade monetária de PIB está sendo produzida de forma mais eficiente que há vinte anos atrás. Outra razão do declínio da intensidade energética, sobretudo nos países em desenvolvimento, é a tendência à substituição da produção de bens energo-intensivos, por outros de menor conteúdo energético.

Tabela 2.1 Intensidade Energética no Brasil 1974-1994

ANOS	Intensidade Energética (tEP/US\$)
1974	0,54
1976	0,52
1978	0,52
1980	0,41
1982	0,43
1984	0,46
1986	0,44
1988	0,46
1990	0,46
1992	0,48
1994	0,47

Fonte: Balanço Energético 1995

2.2.3 Limites Ambientais para o Uso da Energia

Na atualidade, a defesa da existência de um limite pré-determinado ao uso de energia impõe preocupações sobre o meio ambiente e o clima. Muitos efeitos negativos sobre o meio ambiente provêm, de forma direta ou indireta, do ciclo energético. O efeito

mais nocivo do ciclo energético é a possível alteração climática associada ao “efeito estufa” provocado pelo homem.

As chuvas ácidas, provocadas pela liberação de óxido de enxofre (SOx) e óxidos de nitrogênio (NOx) na queima de combustíveis fósseis, têm uma repercussão internacional ao caírem a muitos quilômetros do lugar de origem das emissões, provocando efeitos danosos à agricultura, bosques, lagoas, à conservação de produtos e obras de arte.

Outros problemas ambientais relacionadas com a energia surgem dos derrames de petróleo, feitos por navios-tanques. O uso da madeira ainda consumida como combustível também contribui para o desmatamento e desertifica grandes áreas devido ao uso não sustentável das árvores.

2.3 As Mudanças do Clima

Notícia veiculada pela imprensa, a partir de relatório técnico elaborado pela East Anglia University (UK), apontou o ano de 1995 como o detentor do recorde da maior temperatura média da terra, desde 1856² Essa mesma notícia, mencionando um relatório do IPCC/UN³ (Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas das Nações Unidas), afirma que o aumento do calor da terra “não deve ter origem inteiramente natural”, levando à evidência de “uma influência humana discernível sobre o clima”.

O *efeito estufa* (EE) é, provavelmente, a principal causa de nosso clima atual, ao qual as formas de vida hoje conhecidas têm se adaptado ao longo do processo de seleção natural. Sem esse fenômeno o clima da terra seria mais frio, e não teria a temperatura média aproximada de 18°C⁴ que vemos hoje.

Certamente, tem havido uma mudança substancial e contínua na composição da atmosfera terrestre desde o início da Revolução Industrial, ademais o crescimento econômico nos países, de todos os níveis de desenvolvimento, aparece mais para exacerbar o fluxo das emissões na atmosfera.

² O Estado de S. Paulo, 5 de janeiro de 1996, p. A-12.

³ Grupo técnico das Nações Unidas responsável pelos estudos referentes ao acompanhamento do comportamento ocorrido no clima mundial.

⁴ Segundo o IPCC, a média dos últimos cinco anos foi 14,7°C enquanto entre 1961 e 1990 foi de 13,4°C.

Não obstante o potencial dos efeitos do aquecimento global e as mudanças do clima serem intensas, não há ainda um conhecimento pleno e seguro quanto a isso. Uma mudança rápida poderia romper a interrelação entre a economia, a sociedade e o ecossistema natural. Quando muda a composição dos ecossistemas, algumas espécies poderiam se beneficiar e outras talvez sejam incapazes de migrar ou se adaptar às novas condições de sobrevivência, enfrentando a extinção.

O IPCC ainda não tem conclusões claras acerca dos impactos das mudanças do clima. Os prejuízos causados na atividade agrícola podem ser significativos regionalmente. Os estudos feitos até agora não tem determinado se, em média, a agricultura global sofrerá um declínio ou um aumento no potencial de sua produtividade. Os recursos marinhos poderiam ser alterados e uma mudança relativamente pequena do clima poderia causar graves problemas a esses recursos, como por exemplo em áreas propensas à seca. Doenças podem surgir e outras se alterarem. A elevação do nível do mar poria em risco grandes áreas costeiras. Milhões de *desabrigados ambientais* seriam forçados a migrar para fora de áreas vulneráveis, representando significativos custos econômicos e humanos.

2.3.1 O Efeito Estufa (EE)

O EE é bem conhecido desde que foi explicitado pelo cientista sueco **SVANTE ARRHENIUS**, em fins do século passado, e passou a ser motivo de preocupação mundial nos campos científico, político e econômico. Da óptica científica, as mudanças no clima apresentam vários problemas que significam um desafio ao conhecimento atual. Quanto aos aspectos políticos, três questões são fundamentais:

- a) comparar com outros problemas para verificar a importância das mudanças no clima;
- b) avaliar o que é feito pelos governantes no sentido de mitigar ou se adaptar aos efeitos das mudanças climáticas; e
- c) delimitar quais são as incertezas que obscurecem as respostas a essas questões e quão rápido e a que custo podem essas incertezas ser reduzidas através da pesquisa (**DOWLATABADI, 1993**).

Pela óptica econômica, a preocupação fundamental é mensurar as conseqüências ou os impactos das políticas destinadas a reduzir as emissões de GEE.

O EE se produz através da absorção da radiação do sol pela terra, sobretudo na superfície. Essa energia é redistribuída pela atmosfera e pelos oceanos e se irradia novamente ao espaço em comprimentos de ondas mais longas (térmicas ou infravermelhas). Algumas das radiações térmicas são absorvidas pelos gases radiativamente ativos (de “estufa”) na atmosfera, principalmente o vapor de água e o dióxido de carbono (CO_2). Não só esses, mas também o metano (CH_4), os clorofluorocarbonos CFCs, o ozônio (O_3) e os óxidos de nitrogênio (NO_x). A energia absorvida é irradiada em todas as direções, tanto para cima como para baixo, de modo que a radiação que chega a se perder no espaço provém de níveis mais altos e mais frios da atmosfera. Esse fenômeno que atua como um “cobertor” em torno da terra é o que se conhece como “efeito estufa” (TOHARIA, 1993). O EE se produz naturalmente, especialmente no que diz respeito ao CO_2 e ao vapor de água. É o principal responsável pela alta temperatura média de Vênus ($+480^\circ\text{C}$) e a sua ausência provoca as baixas de Marte (-54°C com incrementos até 50°C). Muitos dos GEE produzidos pelo homem agem de diferentes formas tanto na sua capacidade de absorver a radiação infravermelha quanto no tempo de permanência na atmosfera. O CO_2 (matéria de análise do Cap. 3) é o gás de maior participação relativa dentre os principais produzidos pelo homem.

Tabela 2.2 Contribuição de cada um dos GEE no efeito radiativo.

GEE	Participação no efeito radiativo %
CO_2	55
N_2O	6
CFCs (outros)	7
CFCs	17
CH_4	15

Fonte: IPCC, 1991

A partir do estudo realizado por HOLTZ e EAKIN (1993), surgem algumas possibilidades:

- a) Sugerir uma redução na propensão marginal de emissão (PME) de CO_2 quando as economias se desenvolvem.
- b) Reduzir a PME nas projeções feitas sem mesmo assim indicar que as emissões globais de CO_2 continuarão crescendo a uma taxa de 1,8% ao ano.

- c) Demonstrar que as possibilidades de crescimento econômico e da população são mais rápidas em nações de baixa renda, as quais têm maior PME.

Por essa razão, haverá uma tensão inevitável entre a formulação de novas políticas de controle de emissão de GEE e a distribuição global da renda.

2.3.2 As Atividades Econômicas e os Gases de Efeito Estufa (GEE)

As atividades econômicas vêm incrementando as taxas de emissões e a concentração dos GEE na atmosfera. A industrialização tem resultado na intensa exploração de combustíveis fósseis (carvão, gás e petróleo) para a indústria e o transporte. A queima desses combustíveis emite CO₂ na atmosfera, cuja concentração aumentou em 33% desde os inícios do século XIX (TURNER et al, 1993). As atividades industriais e agrícolas geram outros GEE como metano, óxido de nitrogênio e CFC.

A partir da década passada, no que concerne ao potencial de aquecimento global tem sido dada maior atenção às emissões de GEE na atmosfera e há atualmente um debate mundial sobre a preocupação e o desejo de reduzir essas emissões. O fundo do debate é a trajetória do futuro tanto das emissões de GEE quanto do desenvolvimento econômico entre as nações. Os estudiosos do clima sabem já há muitos anos que as atividades humanas provocam impactos significativos neste.

A bibliografia teórica sobre a interação entre atividade econômica e MA está avançada. Entretanto, há relativamente poucos e restritos estudos sobre a relação entre os impactos macroeconômicos, principalmente nos variados níveis de renda e a qualidade ambiental. De outro lado, se as regulamentações governamentais de proteção ao meio ambiente têm forçado ou não o comportamento econômico é uma questão que pode ser direcionada a uma avaliação empírica (OECD, 1995)

Na maioria dos estudos realizados, seus autores não apresentam um conjunto conceitual crítico-analítico bem elaborado e definido. Mesmo assim, existem nítidas exceções como é o caso de **BOERO et al (1991)**. Estes autores abordam o problema do aquecimento global sob duas questões importantes, procurando:

- a) avaliar quais as conseqüências do aquecimento global para as atividades econômicas e o bem-estar;

- b) mensurar as possíveis conseqüências econômicas de se reduzirem os níveis das emissões de GEE.

Essas questões deveriam ser estudadas juntamente para determinar o grau ótimo de reduzir tais emissões, mas antes precisam ser analisadas e quantificadas separadamente. O referido trabalho concentra-se nos impactos que as medidas causariam para reduzir as emissões de GEE e nas suas relações com o bem-estar econômico. Consideram, também, que as emissões de GEE são essencialmente um problema do MA global e de longo prazo, e os esforços aqui são direcionados a esse nível.

Outro estudo, realizado por **SHAKIF e BANDYOPADHYAY (1992)**, explora a relação entre crescimento econômico e a qualidade do MA por meio da análise de padrões ambientais na transformação de diferentes níveis de renda em alguns países. Nesse ensaio é analisado como oito indicadores de qualidade ambiental evoluem, em um grande número de países e ao longo do tempo, como resposta ao crescimento e às políticas econômicas. Entre esses indicadores, a renda tem um efeito significativo e mais consistente em relação à qualidade ambiental. Contudo, a relação entre qualidade ambiental e o crescimento econômico é mais complexa. À medida que a renda cresce, a maioria dos indicadores ambientais se deteriora inicialmente, com exceção do acesso à água potável e saneamento urbano, problemas resolvidos com rendas elevadas. Outro aspecto importante mencionado no estudo citado é que as atenções são dadas a recursos renováveis tais como ar, água e floresta.

2.3.3 O Comércio Mundial e os GEE

No que diz respeito ao livre comércio, o assunto do meio ambiente também é muito discutido. Em artigo publicado na “Scientific American”, **BHAGWATI (1993)** sustenta que o livre comércio pode ser uma forma de encarar a proteção ao meio ambiente. De outro lado, também há antipatia dos ambientalistas ao comércio mundial. Afirmam que o comércio sempre foi resposta aos interesses corporativos e multinacionais; de outro lado, os maiores esforços visando à proteção ao meio ambiente são realizados por organizações sem fins lucrativos. O comércio é uma atividade econômica muito antiga e a questão de protecionismo ao MA é uma atividade atual, por isso ambas necessitam lançar mão de princípios convergentes.

O conflito também é gratuito, e as diferenças filosóficas entre economistas e ambientalistas não podem ser facilmente conciliadas, como quando muitos destes últimos defendem a autonomia da natureza, enquanto aqueles a vêem como algo pertencente à sobrevivência da espécie humana. O temor espalhado entre os ambientalistas é que o livre comércio incremente o crescimento econômico e que este prejudique o MA. O crescimento permite aos governos criar taxas e levantar recursos para uma variedade de objetivos, incluindo a diminuição da poluição e a proteção geral ao MA. Segundo **BHAGWATI (1993)**, sem essas rendas pouco se pode avançar quanto à preservação ambiental.

Se se quer prever qual será o papel do crescimento econômico sobre o MA, também se deve considerar como ele afetará a *produção* da poluição. O crescimento não só afeta a demanda por um bom MA, mas também a oferta da poluição a ele associada. Portanto, o impacto no meio ambiente dependerá do tipo de crescimento econômico e de seu nível de atividade. Estudos a esse respeito demonstram que, em cidades com renda *per capita/ano* superior a cinco mil dólares constantes de 1993, a emissão de dióxido de enxofre (SO₂) diminuiu com o seu incremento. Resta considerar que não se trata de uma relação mecânica quando se menciona a questão de melhor distribuição de renda como um dos caminhos mitigadores dos danos ambientais. Há que se atentar para múltiplos e diversificados aspectos como leis, normas operacionais, emprego de tecnologias eficientes e outros.

O livre comércio estimula a luta contra a poluição mediante a importação de tecnologias disponíveis em outros países⁵. Os economistas apresentam uma distinção entre duas classes de problemas ambientais: os intrinsecamente internos e os internacionais. Os primeiros geram preocupação internacional, pela crença de que essa diversidade nos padrões meio ambientais pode afetar a competitividade. As companhias temem que seus rivais, nos outros países, ganhem vantagens se os governos propuserem padrões menos rigorosas de proteção ao MA.

Por outro lado, uma projeção feita pela Conferência Mundial do Clima em Toronto (1988) para o ano 2050 indica que o crescimento das emissões depende de vários fatores: primeiro, há uma relação direta do crescimento das emissões com o crescimento do PIB; segundo, o incremento dos preços reais do gás e do petróleo incentiva substituições por

⁵ As discussões que se desenvolvem presentemente para a elaboração dos itens constitutivos da ISO-14000 têm total ligação com a afirmação acima.

carvão e, considerando-se que este último é mais poluidor que os dois primeiros, corre-se o perigo de se aumentar as emissões.

2.3.3 Os Efeitos do Aquecimento Global: A Globalidade do Problema Ambiental

É difícil um acordo sobre uma política de redução das emissões de GEE entre os diferentes países. Não é fácil encontrar uma forma equitativa de distribuir a carga de esforço de tão grande escala e a tão longo prazo.

O reconhecimento do impacto global de alguns problemas ambientais e do fato de que muitas regiões hoje subdesenvolvidas constituem uma reserva vital para o planeta, tem colocado na agenda política internacional os temas de regulamentação da contaminação e o da preservação desses recursos biológicos estratégicos para a humanidade (Amazônia, Antártida, florestas tropicais etc.).

2.4 O Controle Econômico do Meio Ambiente

Segundo a visão neoclássica, a questão de “internalizar” as externalidades é o principal objetivo dos instrumentos econômicos e políticos destinados ao controle do MA. Como em economias de livre mercado nenhum agente específico pode exigir direitos sobre o MA (por ser ele um bem de propriedade comum e sem preço), não cabe qualquer compensação monetária pela sua poluição. Aqui os custos sociais e os custos privados não são iguais, pelo fato de que o poluidor não incorre neles por estar prejudicando outros agentes.

O livre funcionamento do mercado, no qual o mecanismo de ajustes se dá via preços, falha na solução dos problemas relacionados ao MA. Sendo assim, a intervenção governamental, tão rejeitada pelos neoclássicos, parece ser necessária quando se trata desse tipo de problema. Por essa razão, têm surgido propostas (TURNER et al, 1993) como a adoção de mecanismos de mercado que simulem um preço da degradação ambiental que os poluidores devem incorporar aos seus custos privados.

A teoria sobre a economia do MA apresenta limitações na adoção de políticas de controle sobre este. A principal delas pressupõe concorrência perfeita o que, na maioria

dos casos, não representa a real situação de mercado em que atuam os poluidores. O maior problema enfrentado por esse instrumental é quanto à mensuração monetária dos prejuízos ambientais, pois para se conhecer o nível ótimo de poluição é necessário ter dados não só sobre os lucros marginais líquidos da firma, como também sobre o valor dos custos externos marginais da poluição. Como o objetivo deste trabalho não é a análise das dificuldades de avaliação dos danos ambientais decorrentes de diversos métodos econômicos, mas sim as implicações na concepção dos instrumentos de política ambiental, particularmente das “*eco-tax*”, passamos a descrever os principais instrumentos para o controle do MA.

Antes de passar ao item mencionado acima, antecipa-se que existem possibilidades técnicas de reduzir a poluição, especificamente a emissão de contaminantes e de GEE. As opções mais interessantes são: a substituição de insumos (por exemplo, usar óleo combustível de baixo teor de enxofre em lugar de um com alto teor); incrementar a eficiência de uso da energia; instalar equipamentos antipoluidores; utilizar fontes energéticas renováveis (não fósseis). Todas essas possibilidades estão assinaladas dentro das chamadas regulações diretas (tratadas em detalhe no item a seguir). Portanto, os esforços aqui são direcionados a analisar as possibilidades de políticas para reduzir essas emissões e as conseqüências que tais medidas possam ocasionar à economia.

2.4.1 Instrumentos Para o Controle da Poluição

Existem propostas (**IPCC, 1990; United Nations Framework Convention on Climate Change; Climate Change Convention at the Rio Earth Summit, 1992, etc**) para limitar rapidamente as emissões de GEE à atmosfera no curto prazo. Os que propõem ações eficazes argumentam que o potencial para conseqüências catastróficas é grande e a permanência de carbono na atmosfera necessita de reduções rápidas.

O enfoque típico da política ambiental sugerido pela teoria econômica tem sido buscar meios para internalizar as externalidades no processo de decisão dos agentes poluidores. O debate sobre a escolha de instrumentos mais adequados a esse propósito frequentemente se baseia na opção entre os diversos *mecanismos de regulação direta*.

Segundo **OECD (1985)**, o nível socialmente ótimo de poluição ocorreria no ponto de encontro entre o comportamento do poluidor e as autoridades governamentais. Estas se

valeriam de *incentivos econômicos* para induzir o próprio poluidor a tomar a iniciativa de reduzir seus níveis de poluição, ponto em que os custos da degradação se igualam aos custos do controle privado. As propostas derivadas para se atingir tal nível de poluição (o qual seria sempre positivo) são as seguintes:

- Livre negociação entre os agentes
- Regulação direta
- Instrumentos econômicos
- O Princípio de Poluidor Pagador (**PPP**)

1. Livre Negociação

A negociação voluntária se baseia na clássica proposta de **COASE (1938)**. Nesta visão neoclássica, advoga-se a livre negociação entre as partes, poluidores e poluídos, como medida eficaz de solução dos problemas ambientais. Segundo essa proposta, o poluidor não incorre em custos por estar prejudicando outros agentes, ou seja, os custos sociais diferem dos privados. Aqui a intervenção governamental torna-se imprescindível na solução de problemas ambientais, devendo-se valer de mecanismos que visem à incorporação dos custos sociais nos objetivos de maximização dos lucros dos agentes poluidores. Só o mercado não basta, os governos precisam intervir para alinhar os custos privados com os da sociedade como um todo.

Entretanto, há aqueles que defendem que os problemas ambientais, assim como todas as externalidades, normalmente ocorrem porque os bens atingidos (ar, rio, etc) são “terra de ninguém”, ou melhor, são de domínio universal. Evidenciados os direitos de propriedade, as partes envolvidas encontram a solução por meio de negociações mútuas, prescindindo da intervenção governamental (**HELM et al, 1990**).

Segundo esse enfoque, em uma economia na qual todos os ativos estivessem devidamente absorvidos as externalidades seriam internalizadas e o ótimo social seria alcançado. Conseqüentemente a intervenção governamental não seria necessária e o mercado cuidaria de si próprio.

A idéia básica desse princípio é que sua aplicabilidade é feita via definição de direitos de propriedade na solução de problemas ambientais. Como na realidade isso é impossível, a visão é meramente idealista e o campo de aplicação é muito limitado. Aliás,

geralmente são muitas as partes envolvidas e altos os custos de transação. Nos casos de propriedade coletiva do MA, torna-se mais complexa uma livre negociação entre as partes.

2. Regulação Direta (CAC).

A abordagem regulatória se baseia na atribuição de um preço ou no estabelecimento de cotas de emissões. No primeiro caso, tem-se as licenças de poluição, em que a autoridade ambiental determina a quantidade ótima de emissões desejadas e a correspondente quantidade de licenças que, postas no mercado, terão seu preço e alocação por elas determinados.

O controle da quantidade de emissões determinaria também de maneira direta a sua alocação, permitindo assim um controle muito mais eficiente do problema da poluição. Como os custos deste controle são mais elevados, devido às suas exigências qualitativas, esse tipo de controle é mais indicado em casos extremos.

Essa visão, conhecida também como “Command-and-control” (CAC), tem amplo predomínio no âmbito internacional sobre as políticas ambientais. Aqui se impõem modificações no comportamento dos agentes poluidores através de:

- a) padrões de poluição para fontes específicas (limites para a emissão de CO₂ por exemplo);
- b) controle de equipamentos, mediante a exigência de instalação de equipamentos anti-poluição (o caso mais conhecido é a instalação de filtros) e mediante a obrigatoriedade de uso de tecnologias “limpas” já disponíveis;
- c) controle de processos, mediante a exigência de substituição dos insumos empregados (por exemplo substituição de combustível fóssil por outras fontes renováveis);
- d) controle de produtos, mediante a geração de produtos “mais limpos”, estabelecendo normas para aqueles cujo processo de produção ou consumo final acarrete alguma forma de poluição, por exemplo a proibição de fabricação de carros com baixo desempenho energético;
- e) proibição total ou restrição de atividades em certos períodos do dia, áreas etc, por meio de concessão de licenças (não comercializáveis) para instalação e funcionamento; fixação de padrões de qualidade ambiental em áreas de grande concentração de poluentes e zoneamento. Tais medidas têm por finalidade um

controle espacial das atividades dos agentes econômicos, procurando resguardar a capacidade de absorção de poluição do MA em questão; e

- f) controle de uso de recursos naturais por intermédio da fixação de cotas (não comercializáveis) de extração (por exemplo, plantar uma árvore por cada árvore extraída).

A principal característica desta visão é a *imposição*, ou seja, o cumprimento de regras impostas, caso contrário o poluidor estará sujeito a penalidades. A desvantagem dessa visão é que os poluidores não têm oportunidade para selecionar ou promover os ajustes no momento adequado. Por outro lado, a vantagem que oferecem estes instrumentos é sua elevada eficácia ecológica, pois uma vez fixada a norma apropriada, ela será cumprida, salvo violação da lei.

Além desses instrumentos serem os preferidos no âmbito internacional, também o são pelos poluidores. Estes geralmente acreditam ter maior influência sobre as regulações por intermédio de acordos e/ou negociações. Ademais, os opositores a tais instrumentos apontam as suas desvantagens econômicas:

- a) são ineficientes economicamente porque não consideram as diferentes estruturas de custo dos agentes privados para a redução de poluição;
- b) seus custos administrativos são muito altos, envolvendo o estabelecimento de normas e especificações tecnológicas por agências oficiais, bem como um forte esquema de fiscalização;
- c) criam barreiras à entrada; a concessão de licenças não-comercializáveis tende a perpetuar a estrutura de mercado existente;
- d) uma vez atingido o padrão ou a concessão da licença, o poluidor não é encorajado a introduzir novos aprimoramentos tecnológicos; e
- e) podem sofrer influência de determinados grupos de interesse.

Mesmo assim, esses instrumentos são amplamente usados no âmbito internacional.

3. Instrumentos Econômicos

A teoria econômica fundamenta as políticas ambientais no conceito de externalidades, caso em que a degradação ambiental é traduzida como discrepância entre os custos privados e os sociais. Segundo essa visão, a melhor recomendação política é a

aplicação de *instrumentos econômicos* que incentivem os agentes a considerarem os custos sociais nas suas decisões individuais.

Em contraposição aos instrumentos baseados no CAC, o *instrumento econômico* é a flexibilidade permitida ao poluidor, ou seja, ele é livre para responder economicamente aos estímulos e no tempo oportuno. No entanto, há confusão sobre o que se entende por instrumento econômico e regulação direta.

Um instrumento seria considerado econômico uma vez que afetasse o cálculo de custos e benefícios do poluidor, influenciando as suas decisões no sentido de melhorar a qualidade ambiental. Entretanto, se essa definição é correta, as taxas aplicadas em alguns países não chegam a ter impactos significativos sobre os custos e benefícios do poluidor a ponto de induzir uma alteração no seu comportamento. Salvo outros possíveis condicionantes, isso ocorre porque as taxas fixadas normalmente são baixas.

Essas idéias expostas acima correspondem à análise que se coloca dentro do contexto micro da Teoria Econômica. Portanto, como o objetivo deste trabalho está no âmbito macroeconômico, maiores detalhes a respeito são ignorados. Com fins ilustrativos, são apresentados a seguir alguns dos instrumentos que têm sido aventados como utilizáveis do ponto de vista econômico (OCDE, 1989):

A. Taxas e Tarifas Ecológicas

O objetivo das taxas é dar um preço a ser pago por causa da poluição do MA. É um instrumento típico da visão neoclássica no afã de internalizar as externalidades.

A taxa garante o nível ótimo da poluição ao equiparar os custos privados aos custos sociais. Na literatura de economia não convencional existente, a análise das taxas é feita da óptica microeconômica. Portanto, o cálculo da taxa baseia-se nos custos de degradação ambiental causados pelo poluidor. O valor da taxa deve ser exatamente igual aos custos externos marginais no ponto em que estes se igualem ao nível ótimo de poluição (TURNER et al, 1993). Na prática a aplicação dessa taxa é impossível, segundo apontam alguns autores. Evidenciadas as limitações dessa óptica, estão sendo propostos sistemas mistos de taxa-padrão, como opção de política ambiental. Da defesa da taxa como instrumento superior ao padrão ambiental imposto pelos reguladores, passa-se a argumentar que a taxa é o meio mais eficaz de se atingir um padrão previamente estabelecido. Isto significa que a taxa deixa de ter seu valor determinado pelo dano

marginal causado, podendo assumir distintas bases de cálculo, por exemplo, taxas cobradas proporcionalmente às emissões de poluentes. Alguns tipos de taxas aplicadas já no nível internacional são (OCDE, 1985):

Taxas sobre efluentes: aqui a cobrança é feita por unidade de lançamento de determinados poluentes no MA (água, ar, solo). Não diferencia as fontes poluidoras de acordo com seus respectivos danos ambientais e sim pela quantidade dos poluentes lançados.

Taxas sobre o usuário: pagamentos pelos custos de tratamento público ou coletivo de efluentes. A diferença da anterior é que são tarifas cobradas uniformemente ou diferenciadas de acordo com a quantidade de efluente tratado.

Taxas sobre produtos: incidem sobre o preço de produtos que geram poluição no momento da sua produção e/ou consumo ou para os quais tenha sido implementado um sistema de remoção. Podem ser baseados em especificações do produto. Por exemplo, sobre o conteúdo de CO₂ no óleo combustível ou no produto como um todo.

Diferenciação de taxas: acarreta preços mais favoráveis para produtos não ofensivos ao MA e vice-versa. Este instrumento se assemelha às taxas sobre produtos só que normalmente é neutro em termos do orçamento público, enquanto essas taxas têm como objetivo adicional um aumento de arrecadação.

B. Subsídios

Existem também propostas de subsídios ao poluidor, para que reduza suas emissões. Neste caso, o efeito seria positivo para a redução individual das emissões, mas teria efeitos negativos do lado global, pois haveria aumento das emissões globais. Isto se daria pelo fato de os subsídios funcionarem como um estímulo à entrada de novas firmas. São formas de assistência financeira cujo objetivo é incentivar os poluidores a reduzirem os níveis de poluição. Alguns tipos de subsídios são (TURNER et al, 1993):

Subvenções, formas de assistência financeira condicionadas à adoção de medidas anti-poluição.

Empréstimos subsidiados, financiamentos de investimentos anti-poluição a taxas de juros abaixo das de mercado.

Incentivos fiscais, depreciação acelerada ou outras formas de isenção ou abatimentos de impostos em casos de adoção de medidas anti-poluição

C. Sistemas de devolução de depósitos

A idéia básica desse tipo de instrumento econômico é a aplicação de sobretaxas que incidam no preço final do produto potencialmente poluidor, devolvidas quando do retorno devido do produto.

D. Criação de mercado

A primeira virtude do mecanismo dos preços (o mercado) é que ele adverte aos consumidores o que é o custo de produzir um bem particular, e aos produtores o que são as valorizações relativas baseadas no desejo de pagar.

Por outro lado, um mecanismo dos preços livres usará muito mais dos bens e serviços ambientais de preço-zero. Esse problema é então composto pelo caráter público de muitos bens e serviços. Ao refletir o real valor dos bens que estão sendo utilizados na sua produção, o livre mercado fracassa para alocar eficientemente os recursos.

Contudo, isso não quer dizer que os mercados de livre concorrência não possam encontrar melhorias na qualidade ambiental. Se os consumidores mudam seus gostos em favor de produtos menos poluidores, as forças do mercado se inclinarão a mudanças no conteúdo de poluição dos bens e serviços finais. O consumismo “verde” pode fazer pequenas alterações nos processos de produção, caso o consumidor não esteja bem informado sobre a natureza precisa de tais mecanismos. As mudanças do processo ocorrerão se as indústrias chegarem a tomar consciência ambiental, além, obviamente, dos custos decorrentes.

Há dois caminhos pelos quais os mercados podem ser reestrurados para ter certeza de que os serviços ambientais entrem mais eficazmente no sistema:

- a) poder criar mercados de livre serviço o que requereria uma restrição ao acesso a tais recursos, mudando tanto os direitos de entrada quanto os de propriedade,
- b) modificar os mercados por decisões centrais, valorizando os serviços ambientais e assegurando que essas quantias sejam incorporadas aos preços dos bens e serviços.

Esse tipo de política reguladora é conhecido como “política de incentivos baseados no mercado”. Isso seria utilizado para contrastar com a política de regulação direta

“command-and-control” (CAC), a qual envolve o estabelecimento de padrões ambientais (qualidade do ar e da água, por exemplo) reforçados por intermédio da legislação sem a ajuda dos incentivos baseados no mercado. Há muito tempo os economistas vêm argumentado que as políticas de incentivos baseadas no mercado são mais eficientes que aquelas baseadas em CAC.

O sistema atual de controle de poluição operando nos países industrializados tem se realizado sob o domínio da regulamentação direta. Trata-se de instrumentos com a capacidade de criar “artificialmente” um “mercado para poluição”, no sentido de que permitem:

- a) comprar ou vender direitos (cotas) de poluição de fato ou potencial,
- b) vender refugos/resíduos do processo de fabricação.

De acordo com **TURNER et al, 1993**, classificam este instrumento em:

Licenças de Poluição Negociáveis: consistem na compra e venda de direitos (cotas) de poluição; podem ser distribuídas dentro de uma planta, de uma mesma empresa ou entre várias empresas de uma mesma indústria.

Seguro ambiental obrigatório: consiste na transferência da responsabilidade (pelos danos ambientais) do poluidor para empresas de seguros.

Sustentação de mercados: o governo intervém via preço no sentido de fomentar mercados para materiais secundários, ou seja, reciclados.

4. O Princípio do Poluidor Pagador

Um tratamento especial merece o Princípio do Poluidor Pagador (PPP), proposto pela OCDE (Organização para Cooperação Econômica e Desenvolvimento), um grupo de vinte e quatro países industrializados mais a UE (União Européia, ex CEE, Comunidade Econômica Européia) e a Jugoslávia, a elaborar e adotar em 1972 o PPP como um ***background*** ao princípio econômico sobre políticas ambientais. O PPP é um princípio basicamente antisubsídio pelo qual os poluidores devem arcar com os custos de redução da poluição. Ao longo da década de 80, o OCDE foi demonstrando crescente preocupação com políticas ambientais mais flexíveis e economicamente eficientes, as quais freqüentemente se associavam à aplicação do PPP.

Seja qual for a medida adotada, os oponentes a tais políticas ressaltam que existe pouca evidência a respeito dos impactos das emissões de GEE no clima global. A relação entre poluição e desenvolvimento econômico é matéria de pouca mas crescente literatura.

Além disso, os esforços para controlar ou diminuir a poluição, particularmente as emissões de GEE, podem reduzir e até mesmo obstaculizar o desenvolvimento econômico. Os impactos mais desfavoráveis seriam nos países de baixa renda.

Considera-se também que os GEE são freqüentemente produzidos juntamente com outros poluentes. Assim, as emissões de GEE podem se reduzir como consequência de outros esforços no mesmo sentido. Por exemplo, esforços para melhorar a eficiência de combustível de automóvel podem ter como primeiras metas melhorar a qualidade de ar urbano, mas isso simultaneamente reduziria as emissões de GEE.

Igualmente, à medida que uma economia se desenvolve, mudanças no padrões de demanda final até um incremento do consumo de serviços podem ter como consequência indireta a redução da intensidade de combustíveis fósseis.

Esses episódios fortalecem a teoria de que as emissões podem parar de crescer e até mesmo cair, quando as economias se desenvolverem. O caráter da relação entre crescimento econômico e as emissões de GEE é fundamentalmente uma questão empírica.

2.4.2 Estabelecimento de Padrões Ambientais: Antecedentes Históricos

Com respeito às medidas de redução das emissões, vários países na Europa estão considerando sistemas de impostos para combater o aquecimento global. Os europeus têm mostrado sua preocupação através do crescente apoio aos vários planos de proteção ao meio ambiente. A Europa espera uma liderança em qualquer convenção do clima, motivados também pelos relacionamentos comerciais entre os diversos países europeus (PEARCE, 1992).

À diferença de outros países desenvolvidos, a maioria dos países europeus está tomando com muita seriedade as questões do aquecimento global. Na Alemanha, por exemplo, a maior iniciativa federal está na forma de pesquisar os custos sociais dos prejuízos ambientais e a maior preocupação é desenhar medidas efetivas, incluindo políticas fiscais para melhorar o meio ambiente.

Por outro lado, o Gabinete Italiano aprovou uma série de taxas ecológicas em outubro de 1989 para o orçamento de 1990, incluindo taxas em fumaça e emissões de óxido de enxofre.

A Nova Zelândia aprovou um plano de cinco anos (1989-1994), dobrando a porcentagem do PIB aplicada à proteção do MA. Em 1988, o Reino Unido realizou uma conferência mundial sobre ozônio e em 1989 a Primeira Ministra Margaret Thatcher chamou os seus cientistas para aconselharem no que diz respeito ao estado da ciência quanto ao efeito estufa. O debate sobre o clima e os instrumentos políticos para regularem suas mudanças foi mais intenso depois da publicação de uma reportagem ao Ministro de MA advertindo sobre uma revisão na política ambiental, matéria de muita atenção. Em 1989 o Presidente da França (Mitterrand) realizou e elaborou uma conferência, nesse país, com a presença de cientistas internacionais.

Em 1990 outros países europeus introduziram as suas próprias propostas de políticas ambientais. A Suécia propôs uma série de taxas sobre a poluição, uma expansão das taxas existentes sobre óxido de enxofre e óxido de nitrogênio decorrentes da combustão de grandes indústrias de carvão. Essas taxas passariam a ser diminuídas mediante a redução de outras, ilustrando a neutralidade fiscal ao se adotarem políticas de “Green -Taxes”.

A Noruega propôs taxas de combustíveis para conter os danos ao meio ambiente e a Finlândia está considerando uma série de taxas potenciais de meio ambiente, as quais seriam impostas para o uso de fertilizantes, resíduos de animais, plástico e combustível.

A União Européia tem estado discutindo as “*eco-tax*”, bem como a Alemanha e a França. Quão longe chegará a Europa com essas taxas ainda veremos, entretanto é válido que a Europa tenha escolhido esse caminho diferentemente dos Estados Unidos onde a ideologia da “não mais taxas” está prevalecendo.

Todas essas iniciativas oficiais foram feitas contra uma série de obstáculos. Embora, as empresas privadas estejam mudando e melhorando seus pontos de vista ecológicos. Por exemplo, o efeito estufa tem sido matéria de uma grande quantidade de teorias e pesquisas científicas aceleradas, com pouca ou nenhuma ação prática. A este respeito, as ciências sociais contribuí com esforços muito modestos. Isso é surpreendente, dada a insegurança dos prováveis impactos; mesmo assim, os debates têm sido mais científicos do que pragmáticos, que se manifestem na adoção de políticas apropriadas.

Desse modo, em acordo com todas as autoridades, os governantes europeus têm mostrado apreciações limitadas de aproximações razoáveis à tomada de decisões sob incertezas.

Universalmente, o conselho para as autoridades tem sido a abordagem do efeito estufa estritamente através da conservação de energia, do controle dos CFC e das medidas para controlar a desmatamento tropical. A conservação de energia é comparativamente barata e rende outros benefícios. Entre esses incluem-se a redução das emissões de óxido de enxofre e de nitrogênio e ganhos líquidos financeiros, se comparados com a alternativa de novos investimentos em outras formas de suprimento de energia. Adiar, retarda os custos mas corre-se o risco de um aquecimento futuro do globo e daí em diante custos sociais que poderiam ser até catastróficos a longo prazo.

Uma taxa sobre o carvão exigida proporcionalmente ao potencial de conteúdo de carbono no combustível levaria os consumidores a reduzirem suas emissões de carbono. Uma maior flexibilidade pode contribuir para um sistema aceitável no mercado: sobre todas as emissões seriam estabelecidos limites que permitissem emitir carbono acima de limites previamente determinados os poluidores com altos custos poderiam diminuir sua emissões com a compra de licenças onde outros poderiam preferir vender. Os limites das emissões totais poderiam ser incrementadas pelas autoridades.

A Europa e o Reino Unido estão se preocupando com a criação de protocolos em várias questões: redução de CO₂, floresta e agricultura, florestas tropicais e a não emissão de GEE, assim como o uso dos CFCs que ainda estão em vigência no mundo, exceto nos Estados Unidos.

2.4.3 O Rol das “Eco-Taxas”

Frequentemente citadas nas literaturas como *environmental charges*, *environmental taxes*, *carbon taxes*, *green taxes*, etc., aqui, simplesmente serão chamadas de “*eco-tax*”.

Como já foi dito anteriormente, a análise do comportamento das taxas nas decisões do poluidor são feitas em nível microeconômico, porém os esforços neste trabalho são direcionados ao nível macroeconômico. A este respeito existem trabalhos feitos para a Inglaterra, para o Japão para a OCDE e para a UE. No Cap. 5 são descritas algumas

experiências em nível macroeconômico, assim como os impactos que, segundo os autores de tais trabalhos, causariam na Economia.

Antecipa-se que os diversos estudos feitos para medir os custos econômicos da implementação de taxas mudariam o bem-estar econômico em todas as regiões. Também gerariam alterações nos tipos de câmbio, podendo diminuir ou incrementar o bem-estar, dependendo da direção. Em geral, a imposição de uma taxa diminuiria a capacidade aquisitiva real do consumidor, afetando assim o nível de vida, de conforto e de consumo.

Um acordo de custos efetivos poderia ser alcançado potencialmente impondo a mesma taxa de equilíbrio sobre o carbono para todos os países participantes. Isso permitiria a cada país a liberdade de alcançar a redução ótima das suas emissões, ou possibilitando a livre negociação de seus direitos de emitir no mercado mundial.

Da mesma maneira, a lista das “*eco-tax*” aplicadas ao carbono (dentro de cada país) objetivaria combater o aquecimento global. Tal combate criaria um meio de financiar a fundação de um organismo para o controle do carbono bem como um instrumento político para reduzir suas emissões, especialmente da combustão fóssil.

As reduções globais das emissões de carbono requerem taxas a serem introduzidas ao mesmo tempo em vários países. A melhor estratégia é conjugar taxas internas e instrumentos políticos com um acordo internacional quanto a um mecanismo eficiente para reduzir essas emissões.

Assim mesmo, do lado da oferta, a Europa tem tomado iniciativas próprias em resposta às dificuldades tanto no controle de acordos internacionais no controle do aquecimento global quanto à falta de eficiência de ações unilaterais internas, chamando a atenção para uma aproximação regional no combate aos GEE.

Por último, é provável que o custo para limitar as emissões de CO₂ seja mais alto em países subdesenvolvidos, devido à sua mais rápida taxa de crescimento. Ainda que lhes fosse permitido duplicar ou triplicar suas emissões nos próximos cem anos, eles deveriam enfrentar custos mais elevados que os países desenvolvidos, frente a muitas políticas restritivas. De outro lado, grandes reduções nas emissões de CO₂ feitas pelo homem são possíveis numa escala global somente se os países subdesenvolvidos também participarem. **(HOELLER et al, 1991).**

3. O conceito de Impactos Macroeconômicos

3.1 Introdução

É difícil medir os impactos ocorridos no bem-estar social resultantes das mudanças no clima e das políticas com vistas a reduzi-las. Geralmente, os economistas fiam-se no PNB ou no PIB como indicadores para verificar tais mudanças, ainda que esses indicadores não reflitam inteiramente o conceito de bem-estar. Além disso, tais indicadores proporcionam ferramentas úteis para ganhar introspeções que possam valorar os efeitos econômicos das medidas dos GEE. No entanto, segundo **SCHERAGA et al (1992)**, os modelos “macro”, como outros, são limitados por só capturarem os efeitos que se manifestam por si mesmos no mercado. Os modelos econômicos convencionais são feitos para avaliar os custos e benefícios que se manifestam no mercado. Os modelos macroeconômicos são particularmente úteis para programas que produzem interações significativas no mercado.

A mensuração dos efeitos ou impactos de políticas de redução de GEE é importante porque apresenta mudanças no bem-estar social que precisa ser considerado pelos “*policy-makers*”, tanto no âmbito energético quanto no econômico. Portanto, a estimação desses efeitos deveria ser uma das maiores preocupações na continuação de pesquisas econômicas e ambientais.

3.2 O Conceito de Impactos Macroeconômicos

Chamam-se impactos àqueles efeitos, positivos ou negativos, resultantes da implantação de regulamentações ou determinações de certas políticas de controle devidas a dadas situações que fogem dos padrões comuns impostos pela sociedade. Determinadas políticas impactam desfavoravelmente tanto para a economia como um todo, quanto para certos setores seus, repercutindo geralmente no bem-estar social.

Segundo **BOERO et al (1991)**, a melhor forma de avaliar os impactos ou custos para diminuir os GEE é a medida do bem-estar econômico⁶, conceito amplo com diversas e controvertidas formas de se mensurar, como por exemplo o equivalente Hicksiano ou a variação da renda. A maioria dos estudos revisados utilizam modelos operacionais direcionados quanto ao PIB como medida do bem-estar. Conquanto se reconheça a possibilidade dos ganhos das utilidades diretas de impedir mudanças drásticas no clima, sabe-se que eles são separáveis das utilidades derivadas dos bens e serviços que se incluem no PIB. Portanto, a questão é saber qual redução no PIB ocasionaria uma política de redução dos GEE, deixando de lado o fato de isso compensar ou não os ganhos das utilidades diretas de se reduzir o aquecimento global.

Tal separação é muito difícil de se justificar na prática, uma vez reconhecida a existência de mais de um consumidor e principalmente se as medidas aplicadas abrangerem várias gerações.

Por outro lado, o bem-estar econômico não é atribuído ao PIB a preços constantes, embora, na maioria dos estudos feitos para avaliar esses impactos, essa seja a variável fundamental para tal mensuração. Isso faz também com que alguns ganhos incidentais decorrentes de políticas de diminuição dos GEE (como por exemplo, as reduções na chuva ácida) sejam ignorados.

A **Figura 3.1** ilustra graficamente esse tipo de modelagem e oferece uma decomposição racional entre diferentes classes de custos de redução. Começando do ano zero, os modeladores geralmente estabelecem caminhos para as emissões de CO₂ e para o PIB, sob dois cenários: uma na ausência de políticas de redução (*business-as-usual*) e outra sob uma trajetória alternativa com a presença de uma política geralmente exógena.

⁶ Verificar nota a respeito dos índices HID e DALY-COBB, no Cap. 2

A **Figura 3.2** distingue três classes de custos de redução. A trajetória do PIB sob um regime de diminuição, ADB' , difere da trajetória tendencial AA' por três componentes: possíveis ganhos no PIB (custos negativos) derivados de uma regulação desenvolvida (*"no-regrets" policies*), área x ; perdas do PIB devidas à redução do uso de energia, área y ; e custos de transição devido a mudanças drásticas e prematuras, os quais se supõe que eventualmente se reduzem a zero, área z . Os dois primeiros são mostrados como fluxos fixos ou constantes e são representados começando em algum lugar no futuro para indicar que levará algum tempo para cada se materializarem.

A decomposição é racional no sentido de que nenhum dos modelos revisados adota essa classificação e de que os custos não são simples adições nesse padrão. Contudo, isso pode ser útil para se fazer distinção, especialmente quando se distingue entre avaliação de medio e longo prazo (período I e II na **Figura 3.2**).

Os estudos revisados concentram-se nas perdas da área y . O exercício de cenário fixo ou constante e de longo prazo é descrito pela distância $C'B'$, sendo que as perdas do PIB resultam das políticas que induzem reduções $a'b'$. Em muitos casos, os cenários com políticas de redução são definidos pela comparação de b' com os níveis de emissão correntes a , mas os custos estimados associados com as trajetórias particulares de redução mostradas são ainda relacionados às distâncias $a'b'$ e $A'B'$. A maioria dos estudos revisados se concentra nas estimações dos custos de longo prazo.

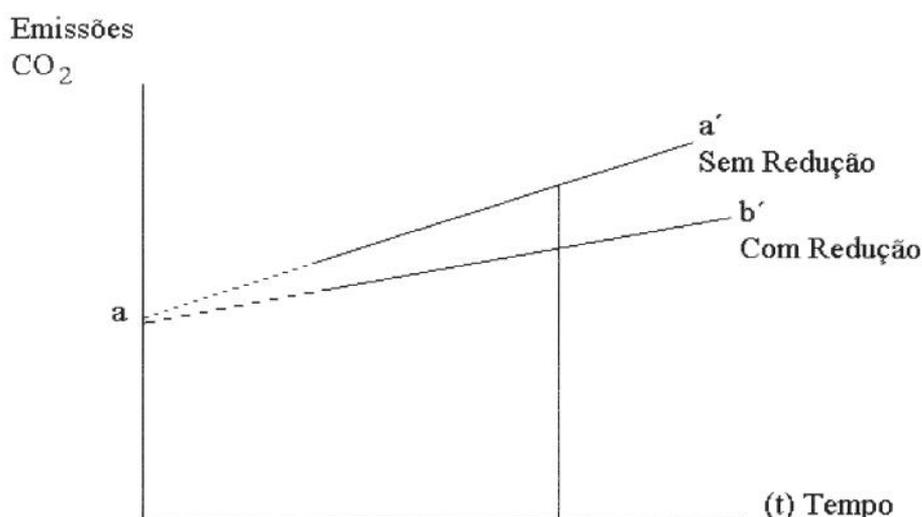


Figura 3.1 Emissões de CO_2 com e sem políticas de redução no curto prazo

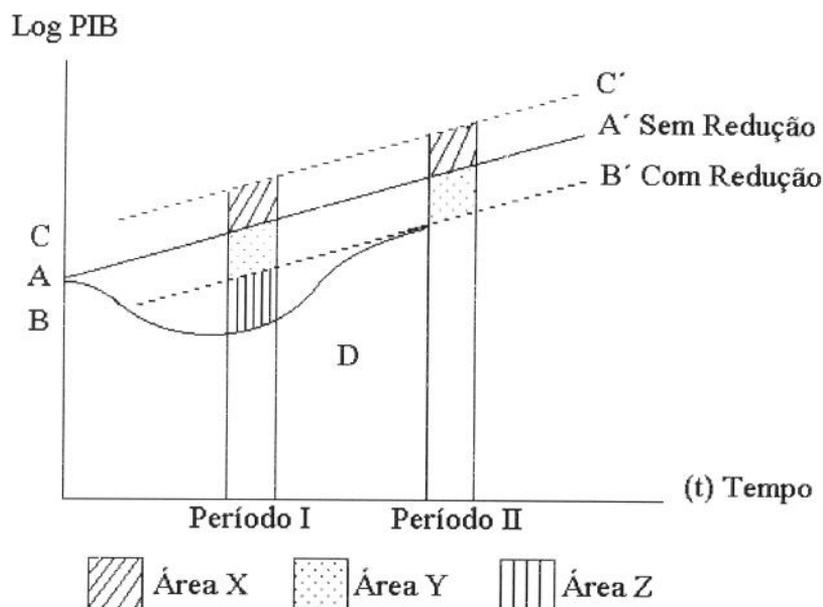


Figura 3.2 Emissões de CO₂ com e sem políticas de redução no longo prazo

Os modeladores assumem implicitamente que ambos os cenários (os tendenciais ou fixos e os com políticas de redução) têm atingido níveis fixos de emissões e de PIB para o ano t . Isso levanta uma controvérsia quanto ao nível de concentração dos GEE no mundo. Só se pode atingir um estoque de equilíbrio mundial quando as adições e as reduções dos GEE sejam iguais. Visto que os últimos são quase exógenos, existe provavelmente um único fluxo de emissões consistentes com o estoque de pleno equilíbrio. Entre as avaliações numéricas da redução dos GEE existentes, só **NORDHAUS** (1990) inclui um módulo dinâmico que liga as concentrações de GEE/clima e o clima/PIB, definindo seu cenário sob esse critério. A principal barreira prática para procurar os aspectos do estoque dos custos de reduzir os GEE é a falta de conhecimento científico em que baseá-los.

3.3 O Vínculo entre Energia e PIB

A energia (um dos fatores de bem-estar) consumida de forma desigual pelas diferentes camadas sociais tem sido historicamente uma forma de poder, representando um dos mais importantes fatores de produção. Ela tem se apresentado como o recurso cujo

uso intensivo foi necessário ao crescimento e desenvolvimento das grandes potências econômicas mundiais. No entanto, a marcada correlação entre energia e PIB que existia até antes do primeiro choque do petróleo, em 1973, foi diminuindo devido à alteração do suprimento do “*mix*” de combustíveis predominantes. Isso se explica pelo fato de muitos países dependentes do petróleo, entre eles o Brasil, terem introduzido novas fontes nas suas matrizes energéticas, devido a esse choque.

Entre outras fontes, a queima de combustíveis fósseis representa o maior fator das emissões anuais de CO₂ e a presença deste na atmosfera tem um papel preponderante na determinação dos GEE. A consequência inevitável das políticas que agem sobre os GEE será reduzir a demanda dos combustíveis fósseis.

BOERO et al (1993), realizam uma abstração teórica de redução dos GEE e, para realçar a sua tese, introduzem uma estrutura muito simples de análise, baseada nas seguintes suposições: só um bem, só uma economia (o mundo); só um GEE: o CO₂ o qual é emitido de uma só fonte: a queima de combustíveis fósseis; só um consumidor; não há distorções na economia, portanto não há ganhos no PIB com a redução dos GEE e não há regeneração do aquecimento global no PIB do mundo.

Assim, a ligação entre a redução dos GEE e as perdas no PIB pode ser representada por uma função de produção na qual o produto (*output*) **X** é gerado por firmas competitivas, usando-se uma elasticidade constante de substituição de tecnologia entre energia **E** e outros fatores **F**. A função é:

$$\mathbf{X} = \mathbf{H}(\mathbf{aF}^{\rho} + \mathbf{bE}^{\rho})^{\frac{1}{\rho}} \quad (1)$$

onde a elasticidade de substituição entre **E** e **F** é dado por:

$$\alpha = \frac{1}{1-\rho}; \quad 0 < \sigma < \alpha; \quad -\alpha < \rho < 1$$

e onde **a**, **b** e **H** são parâmetros. **H**, o qual pode ser usado para representar o nível geral de eficiência ou fator total de produtividade, é estabelecido como uma unidade. No início os autores tentam usar a energia como um fator de produção e, portanto, como o objeto imediato de políticas de redução; isso requer a suposição simplista de que há uma ligação imutável entre o uso de energia e as emissões dos GEE.

Uma mudança percentual no produto devido a uma mudança percentual dada no *input* de energia é:

$$\frac{\partial \log \mathbf{X}}{\partial \log \mathbf{E}} = \frac{\partial \mathbf{X}}{\partial \mathbf{E}} \frac{\mathbf{E}}{\mathbf{X}} = \mathbf{S} \quad (2)$$

onde \mathbf{S} é uma parte do valor do total do *input* de energia. Se a energia tem um preço \mathbf{p} , o produto tem um preço \mathbf{q} e a composição de outros fatores tem um preço \mathbf{l} , e se a economia está em pleno equilíbrio, sabe-se que:

$$\mathbf{S} = \mathbf{b}^\sigma \left(\frac{\mathbf{p}}{\mathbf{q}} \right)^{1-\sigma} \quad (3)$$

Como primeira aproximação, calcula-se a proporção ($A'B'/A'T$) resultante da proporção de reduzir ($a'b'/a't$) avaliando (3) no ano \mathbf{t} , fig. 2.1. Isso é feito tomando-se o valor corrente de \mathbf{S} e pensando como ele pode mudar entre hoje e o tempo \mathbf{t} . Três fatores contribuem crucialmente para esse cálculo:

- a) a elasticidade de substituição entre energia e outros fatores, σ ;
- b) a eficiência da energia representada pelo parâmetro \mathbf{b} ; e
- c) os preços de energia, \mathbf{p} .

Em resumo, segundo **BOERO** et al. (1991), o conceito de custos ou impactos macroeconômicos tem determinantes cruciais que incluem a substitutabilidade entre os diversos energéticos e outros fatores e combustíveis, em ambos os casos os setores produtivos e as unidades familiares da economia, o grau do progresso técnico em uso de energia e o uso de outros fatores de produção; os custos dos combustíveis; os níveis de introdução de novos combustíveis “limpos” e os subseqüentes níveis de incremento na oferta.

3.4 Metodologia de Avaliação

As políticas visando a preservar o MA têm sido freqüentemente apontadas como culpadas de dificultar o crescimento econômico. Há razões para acreditar que os programas de MA e as regulamentações governamentais protecionistas possam retardar o crescimento econômico. Por exemplo, as relações do governo intervêm no mercado,

alterando as decisões de maximização de lucro que as firmas possam tomar. Se as regulações fizerem com que o produtor gaste mais dinheiro (ou use mais insumos) para atingir o mesmo nível de produção que tinham antes das regulações, os custos se incrementarão, a demanda se reduzirá, a produção e o crescimento econômico se reduzirão.

As respostas a essas regulamentações são geralmente analisadas pela utilização de um modelo empírico apropriado e com dados confiáveis. Uma técnica generalizada em todos os estudos a respeito são os modelos macroeconômicos.

Tais modelos pertencem ao tipo *top-down*, ou seja, aqueles que trabalham de cima para abaixo; um sistema de relações agregadas é especificada e são identificadas as formas nas quais uma política de mudança pode afetar um ou mais variáveis importantes nos sistemas.

Em geral, esses modelos baseiam-se na teoria econômica keynesiana começando por estimar variáveis agregadas, tais como o PIB ou o emprego total. Esses modelos também podem ser decompostos no seus respectivos componentes. Portanto, o PIB pode ser decomposto em consumo, investimento, importação, exportação e em gastos de governo. O consumo e o investimento são ligados a tais variáveis como renda, taxas de juros e orçamentos. Relacionamentos entre indústrias (que não é o caso deste trabalho) são freqüentemente descritos por uma matriz *insumo-produto*, e o nível de emprego é determinado pela demanda de trabalho dos setores de produção e pela quantidade de trabalho subministrado por várias categorias de trabalhadores. O modelo pode incluir o setor financeiro e uma série de equações de estimações para mostrar o efeito nos preços e nas mudanças dos custos de produção e a quantidade da capacidade utilizada.

Resumidamente, esses são os componentes dos modelos descritos. Dois procedimentos são precisos para colocá-los em movimento a fim de simular os efeitos em uma mudança nas políticas de meio ambiente. O primeiro é identificar os fatores exógenos a serem afetados pela regulação, isto é aqueles determinados fora do modelo, tais como as taxas ou a política monetária, níveis de gastos público e privados e o nível de comércio mundial.

Desde os começos dos anos setenta, alguns países membros da OCDE têm desenvolvido modelos macroeconômicos e os têm usado para calcular os impactos econômicos em seus programas de controle da poluição. Essas avaliações tratam de quantificar os efeitos diretos e indiretos que os programas ambientais podem ter nas

variáveis macroeconômicas em cada país. Os primeiros estudos nesta área foram desenvolvidos quando as economias da maioria dos países membros da OCDE estiveram operando quase à plena capacidade. Eles tentaram estender os efeitos desfavoráveis de curto prazo que os programas de controle de poluição podiam ter sobre a inflação e na competitividade internacional.

As circunstâncias de mudanças econômicas que prevalecem agora na maioria dos países da OCDE sugerem que algum ênfase diferente pode ser mais apropriado. Além do interesse pelas mudanças nos preços e na balança de pagamentos, as autoridades podem também desejar saber quais impactos os gastos podem causar no cuidado do meio ambiente, nas tendências do emprego e no crescimento da produtividade e da produção no longo prazo.

Em nível internacional, o primeiro organismo a se preocupar com esse fato foi a OCDE, que em 1978 desenvolveu estudos e publicou o artigo: *“Macro-Economic Evaluation of Environmental Programmes”*. Em 1985 se apresentou outra versão do mesmo e foi chamado *“The Macroeconomic Impact of Environmental Expenditure”*, o qual atualizou e ampliou aquela primeira versão.

A conclusão principal a que se chegou nesses trabalhos desenvolvidos pela OCDE para seis países membros (Áustria, Finlândia, França, Holanda, Noruega e os Estados Unidos) é que os efeitos macroeconômicos das políticas de meio ambiente são relativamente pequenos. Contudo, os impactos decorrentes dos programas ambientais não deveriam ser discutidos apenas quanto aos efeitos macroeconômicos, pois esses podem constituir só um elemento em qualquer decisão política. Considerações adicionais incluem o impacto nos gastos públicos, e especialmente nos benefícios embora nem sempre os efeitos das políticas do meio ambiente dos níveis de poluição sejam quantificáveis, como a saúde e a qualidade de vida.

Partindo dessa premissa, a metodologia adotada para o presente trabalho consiste na apresentação de um modelo macroeconômico de crescimento a longo prazo que calcula o PIB, ferramenta principal para esta avaliação mas não a determinante do bem-estar social.

3.5 Descrição do Modelo Macroeconômico de Crescimento a Longo Prazo

O modelo macroeconômico apresentado é basicamente de crescimento de longo prazo, acoplado à idéia de geração de cenários na economia brasileira, tentando criar uma compatibilidade entre o crescimento do PIB e o consumo de energia para projetar as emissões de CO₂ (Capítulo 5) e avaliar a imposição de taxas para mitigar essas emissões pelo consumo de energia necessária para gerar uma unidade de PIB.

Como todo modelo econométrico, este possui a limitação de não capturar as mudanças tecnológicas e alterações estruturais rápidas. Suas principais características são:

- a) considerar os limites impostos pela capacidade instalada e pelas contas externas;
- b) avaliar, a longo prazo, fenômenos conjunturais de curto prazo como considerações monetárias, inflação, desemprego, não captados pelo modelo.
- c) em função da diversidade de abordagens sobre o investimento, aliada à inexistência de dados adequados, este seria considerado exógeno ao modelo de demanda agregada.

O modelo baseia-se na identidade keynesiana fundamental que relaciona a oferta global com a demanda global:

$$Y = C + I + G + (X - M) \quad (1)$$

Os dados requeridos para as variáveis foram coletados das Contas Nacionais e são apresentados em milhões de dólares constantes com base no ano 1980 (ver anexo).

O modelo está composto por três conjuntos de equações derivadas da equação (1):

Primeiro Bloco: Equações macroeconômicas.

$$Y_{cf} = Y - TI \quad (2)$$

$$YD = Y_{cf} + TG - TD \quad (3)$$

$$K = K_{t-1} + ILI \quad (4)$$

$$ILIQ = I - D \quad (5)$$

$$D = \theta Y; \theta = 5\% \quad (6)$$

Segundo: Equações de regressão que relacionam tendências entre variáveis.

Para calcular os respectivos estimadores deste grupo de equações da forma :

$$Y_t = a + bY_{t-1} + c_z + dY$$

Utilizou-se o método dos mínimos quadrados modificados de dois estágios, evitando-se o problema de multicolinearidade e a técnica de Cochran Orcutt para resolver o problema de autocorrelação onde foram necessários. Com os dados das Contas Nacionais (mostradas nos anexos) se obteve:

$$(7) \quad TI = 481.37641 - 0.0892701TI_{t-1} + 0.1813788Y + (ECOTAX.ENCO2tEP)/10^6$$

$$R^2 = 0,82 \quad DW = 2,48$$

As variáveis da primeira regressão de Y foram G, TG y RM.

$$(8) \quad C = -2742,2683 + 0,398900C_{t-1} + 0,572250YD$$

$$R^2 = 0,86 \quad DW = 2,52$$

As variáveis da primeira regressão de YD foram G, TG y RM.

$$(9) \quad TD = -6393,499 - 0,065869TD_{t-1} + 0,2003306Y$$

$$R^2 = 0,94 \quad DW = 2,24$$

As variáveis da primeira regressão de Y foram G, TG y RM.

$$(10) \quad M = -4547,1066 + 0,5951379M_{t-1} + 81,499558RM + 0,0221570Y$$

$$R^2 = 0,73 \quad DW = 1,94$$

As variáveis da primeira regressão de Y foram G y TG

$$(11) \quad X = 36825,602 + 0,0770386X_{t-1} - 93,156235YW - 88,117409RM$$

$$R^2 = 0,50 \quad DW = 1,87$$

$$(12) \quad I = -22989,377 + 0,3530922 Y$$

$$R^2 = 0,94 \quad DW = 2,3$$

Terceiro: Equações de cenário:

$$(13) \quad G = 0,12 Y$$

$$(14) \quad TG = 0,08 Y$$

$$(15) \quad YW = 1,05 YW_{t-1}$$

$$(16) \quad C = 1,05 C_{t-1} - (ECOTAX.ENCO2tEP)/10^6$$

$$(17) \quad ENCO2tEP = 97835227 + 6,5075416 Y$$

$$R^2 = 0,830416 \quad DW = 1,53$$

onde:

Y = Produto interno bruto (a preços de mercado)

Ycf = Produto interno bruto (a custo de fatores)

C = Consumo das famílias

I = Formação bruta de capital fixo

G	=	Consumo do governo
X	=	Exportação de mercadorias e serviços
M	=	Importação de mercadorias e serviços
RM	=	Índice de taxa de cambio
YW	=	Índice de quantum do volume de comercio mundial
TG	=	Transferências de governo
TD	=	Impostos diretos
TI	=	Impostos indiretos
YD	=	Renda disponível do setor privado
D	=	Depreciação
ILIQ	=	Inversão líquida
K	=	Estoque de capital
CAP	=	Capacidade
ECOTAX	=	Taxa Ecológica
ENCO₂tEP	=	Consumo de energia que emite CO ₂ em tEPs

O índice $t-1$ refere-se ao valor da variável no ano anterior e, quando não especificado, ao ano t .

Na determinação das equações de cenário, fizeram-se hipóteses sobre o comportamento de uma série de indicadores econômicos nacionais que influenciam no crescimento do PIB. A partir deles formulam-se quatro cenários para a evolução do PIB brasileiro: crescimento zero 0%, crescimento tendencial 2%, crescimento médio 4% e crescimento alto 5%. A proposição desses cenários foi em base a uma análise do comportamento da economia brasileira durante os últimos trinta anos.

Breve Resenha da Economia Brasileira Durante 1960-1995

Durante os últimos trinta anos, o Brasil tem apresentado uma TMAC de 5,3%. A **Figura 3.3** mostra as tendências desse crescimento nesse período. Durante 1965 e 1980, o PIB real cresceu na ordem de 9% e passou para 2% entre 1981 e 1995. Isso quer dizer que a economia cresceu 3,4 vezes no primeiro período e apenas 1,33 vezes no segundo.

O início da década de sessenta registrou o esgotamento de um modelo internacional de expansão econômica a taxas elevadas caracterizado pela utilização energética intensiva e pouco eficiente, envolvendo fontes não renováveis com predominância do petróleo.

LENGRUBER (1995), aponta que cinco anos-chave definem a evolução e seleciona períodos que desencadearam novos ciclos políticos e econômicos. Assim, **1974** é caracterizado pela ampliação do endividamento externo, pela inflação acelerada e a manutenção das taxas elevadas do PIB por mais sete anos. Como se vê, esse foi um período em que o país era uma “ilha de prosperidade” e não afetado pelo choque do petróleo em 73, pois a economia que vinha crescendo não passou por ajustes. Outro ano-chave é **1979**, caracterizado pela magnitude dos choques externos (preços do petróleo e juros internacionais), pela inflação interna cada vez mais crescente e pelo pleno emprego. O impacto desses fatos na economia foi que o país embarcou na convicção expansionista, acelerando o desequilíbrio fiscal e não promovendo voluntariamente o ajuste das contas externas.

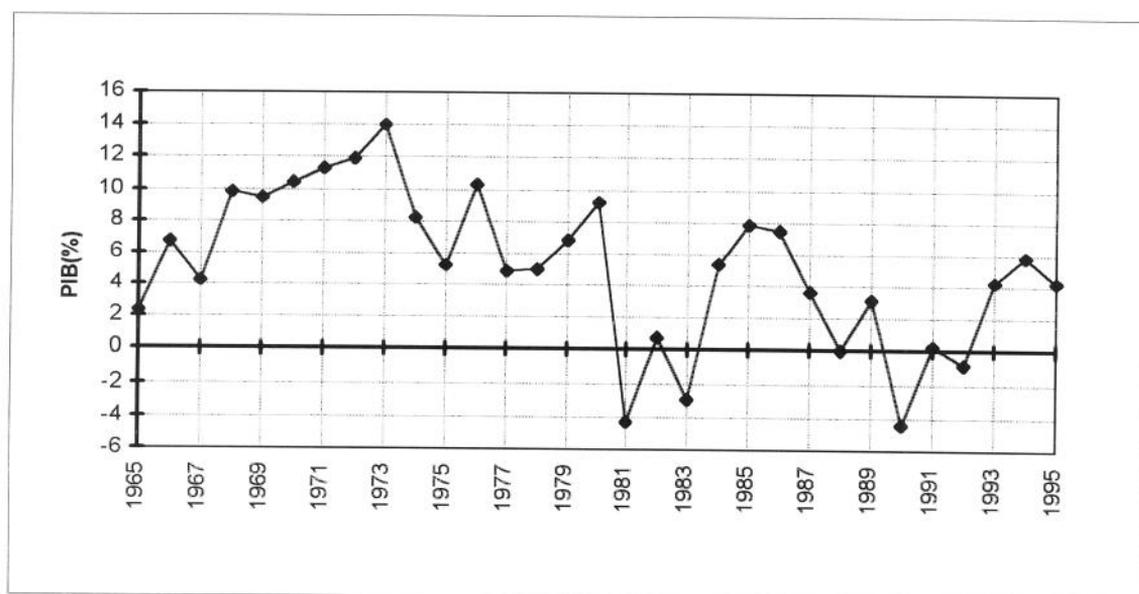


Figura 3.3 Índice de Variação Anual do PIB (1965-1995)

Fonte: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

Em **1985** -ano em que o Brasil enfrentou o choque interno de democratização e a nova república- foi adotada uma política expansionista nas áreas fiscal e monetária, sob o argumento de que a inflação era inercial e o déficit público era bastante pequeno ou

inexistente. O baixo nível de reservas internacionais e falta de recursos externos acabaram provocando fortes restrições no balanço de pagamentos combinadas com pressões políticas, o que provocou elevadas taxas de inflação e hiatos de PIB real entre 1988 e 1989.

A agudização da crise fiscal se faz presente em **1990** por causa das opções anteriores de política econômica que não foi neutralizada de forma relevante no início dos anos noventa. Até 1995 a economia continuou procurando manter equilíbrio com inflação alta e crescimento baixo. Finalmente o Plano Real entra em cena em **1995**, ano em que o peso dos últimos vinte anos desembocou numa crise fiscal dramática com resultados de baixo nível de crescimento do PIB e do emprego, apesar de os números de inflação e balanço de pagamentos terem sido simultaneamente bons.

O potencial de crescimento da economia brasileira vai muito além de 5,3%, devido aos recursos que o país possui. No entanto dada a atual conjuntura da economia capitalista mundial em que o Brasil está imerso, nota-se a crise recessiva ou até depressiva por causa dos impactos da má distribuição de renda, o que leva a serem propostas taxas de crescimento na faixa de 0 a 5%.

É por todos sabido que o país cresce abaixo de suas possibilidades. A médio e longo prazo a economia brasileira reúne as condições básicas que lhe possibilitam recuperar, gradualmente, sua capacidade de crescimento. **LENGRUBER (1995)**, confirma essa afirmação ao colocar que a diferença entre o PIB real e o potencial está próxima a 37%, o que pode ser considerado uma verdadeira tragédia. Essa diferença abre perspectivas para a economia crescer a taxas bem acima de 4% ao ano até final do século. Os desajustes conjunturais passados, com fortes pressões inflacionárias e constrangimentos impostos pela dívida externa, representam grandes dificuldades à retomada sustentada do crescimento econômico.

Das quatro equações denominadas de cenário tomou-se como referencial a equação 16, em virtude de que o consumo é uma função explicativa dos gastos planejados e realizados pelas famílias e entidades na compra de bens e serviços produzidos pelas empresas. Entretanto, os gastos com consumo são principalmente determinados pela capacidade aquisitiva da comunidade representada pela renda disponível corrente YD e pelo nível de riqueza nacional (**LEITE, 1993**).

Outros determinantes do consumo incluem a taxa de juros e o nível de preços, visto que ambos afetam a formação e o valor real da riqueza nacional, composta de ativos reais

e financeiros. Contudo, esse modelo não capta situações conjunturais por ser de longo prazo.

A partir da resolução do sistema de equações simultâneas, variando a equação (16) para valores de 1,00; 1,02; 1,04 e 1,05 do consumo do ano anterior, pode-se conhecer os valores do PIB que neste caso mostram-se crescentes. Os resultados são apresentados no Capítulo 5, onde são discutidos também os impactos que ocasionam as medidas de redução de gases de efeito estufa, GEE por meio da aplicação de taxas sobre o consumo de energia necessária para produzir uma unidade de PIB.

Para avaliar a imposição de uma determinada taxa (matéria de discussão do Capítulo 6) considera-se o termo $(ECOTAX. ENCO2tEP)/10^6$ na equação 7. Tal termo indica a quantidade de energia que emite CO₂ a partir do consumo em tEPs/ano e sobre a qual incide uma taxa pre-determinada. Para a suposta imposição dessa taxa consideram-se quatro cenários:

1. O crescimento do PIB e das conseqüentes emissões de CO₂ sem políticas de redução.
2. O crescimento do PIB e das conseqüentes emissões de CO₂ com política, impondo-se uma taxa de US\$ 20.00/tEP
3. O crescimento do PIB e das conseqüentes emissões de CO₂ com política, impondo-se uma taxa de US\$ 30.00/tEP.
4. O comportamento do PIB e das conseqüentes emissões de CO₂ com política, impondo-se uma taxa de US\$ 50.00/tEP.

Como a imposição de qualquer uma das taxas afeta diretamente o consumo, a “eco-tax” também o afeta, equação 16.

A equação 17 considera a quantidade de energia que emite CO₂ requerida para produzir uma unidade de PIB o que significa que para cada US\$ 1.000.000 de PIB se necessita de um consumo de energia que emite CO₂ da ordem de 97,8 MtEPs.

4. Mudanças Estruturais no Sistema Energético Brasileiro

4.1 Introdução

O objetivo deste Capítulo é fazer uma análise histórica das principais mudanças na estrutura de demanda da matriz energética brasileira, visto que certas alterações podem levar a modificações dos padrões de consumo de energia, cujos impactos precisam ser estudados. Desse modo, são descritas as principais características do consumo de energia no Brasil, mostrando-se as flutuações dos energéticos durante o período em análise.

Até 1970, o planejamento do setor energético era realizado quase exclusivamente sobre a oferta de energéticos, de forma isolada, visando basicamente à expansão do suprimento independentemente de considerações sobre substituição ou concorrência entre energéticos. Do ponto de vista da demanda, a baixa participação do item energia na composição de custos, dado seu preço relativamente reduzido, não estimulava maiores preocupações dos consumidores, desde que fosse garantida sua oferta.

Atualmente, o planejamento energético passou a incorporar como imprescindível a identificação de ações que visam modificar também os padrões de demanda, na busca da racionalização do uso da energia, da otimização das operações do sistema e da garantia de segurança do suprimento.

O consumo de energia por setores para os anos 1990, 1985, 1990 e 1994 também é analisado com o objetivo de dimensionar qual setor tem maior intensidade no uso de energia, especificamente aqueles ditos responsáveis pelas emissões de CO₂.

Da mesma forma, analisa-se o comportamento dos preços na demanda de energéticos, tentando mostrar como suas flutuações afetam o consumo.

4.2 Análise da Estrutura e Evolução do Consumo de Energia Fóssil e Biomassa no Brasil

A expansão do setor energético representou, historicamente, uma mola propulsora nos processos de industrialização e modernização econômica e social no Brasil, pois:

- assegurou a base energética de sustentação desse processo;
- incentivou o desenvolvimento de outros setores produtivos e a reorganização do espaço econômico; e
- contribuiu para manter elevada a taxa de investimento do país.

Contudo, a estrutura do sistema energético⁷ do Brasil tem sofrido profundas alterações desde 1973, com o primeiro choque do petróleo. Desde então o país tem assumido políticas de substituição e conservação dos recursos energéticos com vistas à não dependência do petróleo importado. As ações que o governo implementou, foram, dentre outras, o Pro-álcool e as tarifas EGTD (energia garantida por tempo determinado) que atuaram favoravelmente na redução dessa dependência, através da substituição de fontes energéticas de origem fóssil e não fóssil e de políticas de conservação.

Tabela 4.1. Oferta e Consumo de Energia no Brasil 1980-1994
Unidade: 10^3 tEP

FONTES	1980	1984	1988	1992	1994	TMCA(*)
OFERTA	139223	155307	186336	194087	210931	3%
CONSUMO:	123552	133699	159166	166820	180240	3%
Energia Primária(1)	976	2434	3698	3740	4338	11%
Energia Secundária(2)	51054	43661	53057	57166	62326	1%
Biomassa (3)	35938	41204	43279	39077	40928	1%
Hidreletricidade	35584	46400	59132	66837	72648	5%

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do BEN, 1995

(1) Inclui: gás natural, carvão vapor, carvão metal, e outras renováveis.

(2) Inclui: gás de coqueria, coque de carvão mineral, derivados de petróleo, e alcatrão.

(3) Inclui: lenha, bagaço de cana, lixo, carvão vegetal e álcool etílico.

(*)Taxa média anual de crescimento.

A estrutura da demanda de energia se fez no sentido de uma maior diversificação na qual vários componentes, antes pouco significativos, assumiram maior expressão.

⁷ Entende-se por sistema energético como aquele que tem a função de fornecer a energia útil para atender às necessidades da sociedade (produtos energéticos, serviços, etc).

Assim, conforme a **Tabela 4.1**, a partir de 1979/80, verificaram-se profundas alterações na matriz energética brasileira, entre as quais se destacaram a crescente participação da eletricidade e o declínio dos derivados de petróleo. Vários fatores contribuíram para esse quadro, como por exemplo a política de contenção do consumo de derivados de petróleo, introdução de novos insumos energéticos e a expansão da produção de hidreletricidade.

Entre os novos insumos mencionados, além do álcool etílico utilizado como combustível, atualmente são aproveitados energeticamente os resíduos decorrentes da sua produção, como por exemplo o bagaço de cana entre outros que contribuem para a estrutura de oferta de energia. Destaca-se também a presença do gás natural, cujo consumo apresenta uma TMAC de 11%, durante o período analisado.

Assim mesmo, são aspectos importantes, para justificar o porquê da diminuição dos combustíveis de origem fóssil os contínuos programas de incentivo à incorporação da questão ambiental no planejamento energético com a finalidade de uma penetração das fontes renováveis na matriz energética do Brasil.

Por outro lado, a **Tabela 4.2** mostra que a participação da energia elétrica de origem hídrica, crescente no período, é majoritária em todos os setores de produção, já que esse setor promove um consumo mais eficiente. Desse modo, é aumentada a disponibilidade de energia sem ampliar a produção, adiando a expansão do sistema elétrico, minimizando a agressão ao meio ambiente e gerando benefícios para a sociedade. Com o adiamento da implantação de novas unidades de geração, criam-se oportunidades para a entrada de novas tecnologias de geração, menos agressivas ao meio ambiente que, com o decorrer do tempo, tornam-se não competitivas comparadas com as atuais tecnologias de geração.

Em 1977, a eletricidade e os derivados de petróleo representavam cerca de 66% de toda a demanda energética industrial, com participações de 34% e 32% respectivamente. Em 1994, a participação conjunta desses energéticos foi de 62%, sendo 49% de eletricidade e 14% referentes aos derivados de petróleo. Os fatores que contribuíram para esse quadro são:

- a política de preços adotada para forçar a contenção da demanda dos derivados de petróleo;
- a introdução de novo insumo energético;
- a expansão da produção de energia elétrica; e
- o estímulo do uso da eletrotermia, através da EGTD.

Cabe também mencionar que no período de 1970 a 1986, a estrutura de energia variou significativamente com respeito ao aumento da participação do álcool em outra escala; com redução dos derivados da biomassa (lenha e carvão vegetal) e aumento do bagaço de cana. A participação do petróleo aumentou até o início dessa década e decresceu, abaixo do nível inicial, ficando até então semelhante à da energia elétrica.

Tabela 4.2. Participação Relativa de cada Fonte na Demanda Total de Energia 1980-1994

FONTES	1980	1984	1988	1992	1994
Gás Natural	0%	1%	1%	2%	2%
Carvão Vapor	0%	1%	1%	1%	0%
ENERGIA PRIMÁRIA	1%	2%	2%	2%	2%
Gás de coqueria	1%	1%	1%	1%	1%
Coque Carv.Min.	3%	3%	4%	4%	4%
Alcatrão	0%	0%	0%	0%	0%
Óleo Diesel	13%	12%	13%	13%	13%
Óleo Combustível	13%	6%	6%	6%	6%
Gasolina	7%	5%	4%	5%	5%
GLP	2%	3%	3%	4%	3%
Querosene	2%	2%	1%	1%	1%
Gás Canalizado	0%	0%	0%	0%	0%
Outras Sec.Petr.	2%	2%	2%	2%	2%
ENERGIA SECUNDÁRIA	42%	33%	35%	35%	36%
Lenha	18%	16%	12%	9%	8%
Bagaço de Cana	6%	8%	8%	8%	8%
Carvão Vegetal	3%	4%	4%	3%	3%
Lixívia	1%	1%	1%	1%	1%
Outras Recuperações	0%	0%	0%	0%	0%
BIOMASSA	27%	29%	25%	21%	20%
HIDRELETRICIDADE	29%	36%	39%	42%	42%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%

Fonte: Elaboração própria baseados nos dados do BEN, 1995

Em 1994, o total do consumo de energia no Brasil atingiu 180,2 MtEPs. A **Tabela 4.2** mostra que 36% provêm de energia secundária e derivados de petróleo; 20% de biomassa, 42% de hidreletricidade e 2% de energia primária. Entretanto, esse quadro em 1980 era diferente. O consumo dessas fontes energéticas distribuía-se da seguinte maneira:

42% do consumo foram de combustíveis de origem secundária e derivados de petróleo; apenas 1% de energia primária; 27% de biomassa e 29% de hidreletricidade.

Dessa comparação pode-se concluir que os aspectos notáveis dessa matriz são: o rol preponderante da hidreletricidade e relativo decréscimo na quantidade do uso da biomassa que é usada em escala industrial (**Tabela 4.3**). Outro aspecto importante que merece ser mencionado é a penetração, do gás natural na matriz energética brasileira que apresenta uma TMCA de 11% de 1980 a 1994. Os derivados de petróleo e a biomassa, no entanto, apresentam uma TMCA de 1%. Já a hidreletricidade apresenta uma TMCA de 5% (vide **Tabela 4.1**)

Essas variações no uso dos combustíveis analisados se devem a fatores como políticas de conservação de energia e incentivos para incrementar a oferta de fontes renováveis. Com respeito à conservação, ela foi inicialmente aplicada no setor elétrico, como uma ferramenta expressiva na redução de forte demanda na construção de novas plantas, técnica essa que incrementou em cinco vezes e meia o total da capacidade instalada durante 1970 e 1990 (**MOREIRA, 1993**).

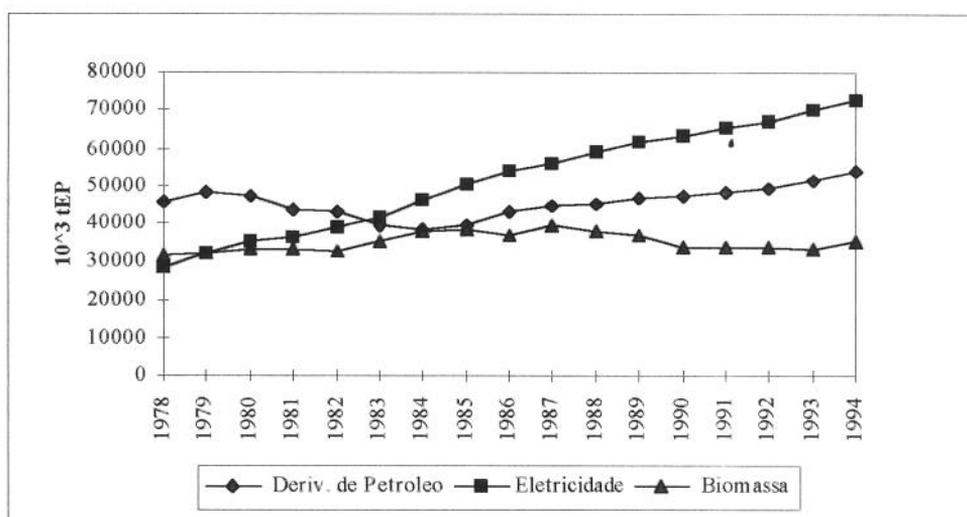


Figura 4.1 Tendências do Consumo de Energia no Brasil 1978-1994⁸

A **Figura 4.1** mostra as tendências do consumo de energia no Brasil. No período analisado (1978-1994) o comportamento dos derivados de petróleo de 1978 a 1979 apresenta uma TMCA de 6% no consumo, mas no período de 1980 a 1984 observa-se

⁸Todas as figuras e tabelas deste Capítulo foram elaborados com base nos dados do BEN, 1995

uma diminuição, apresentando uma TMAC negativo (4%). Por outro lado, de 1985 a 1994 o comportamento é crescente com uma média de 3%.

A produção dos derivados de petróleo e biomassa têm uma forte representação no Balanço Nacional de Energia, representado por 75% em 1977, embora esse valor venha diminuindo (50%, 1994). Isso pode ser explicado pelo fato de que os programas de substituição de energéticos têm motivado um aumento considerável na participação das fontes renováveis, incorporando processos de utilização mais performantes. Um exemplo claro desse fato é o Programa Pro-álcool que, desde sua implantação em 1979, vem participando positivamente na estrutura de demanda de energia do país. A **Figura 4.2** ilustra as tendências do consumo do álcool e da gasolina, na qual se observa que de 1978 a 1989 o álcool teve uma participação crescente no seu consumo, passando a ter um relativo declínio a partir de 1990, devido principalmente às conjunturas políticas, traduzidas nos altos custos, de sua produção. Como era de esperar, graças a esse fato, a gasolina volta a dar indícios de crescimento no seu consumo, por serem produtos substitutos.

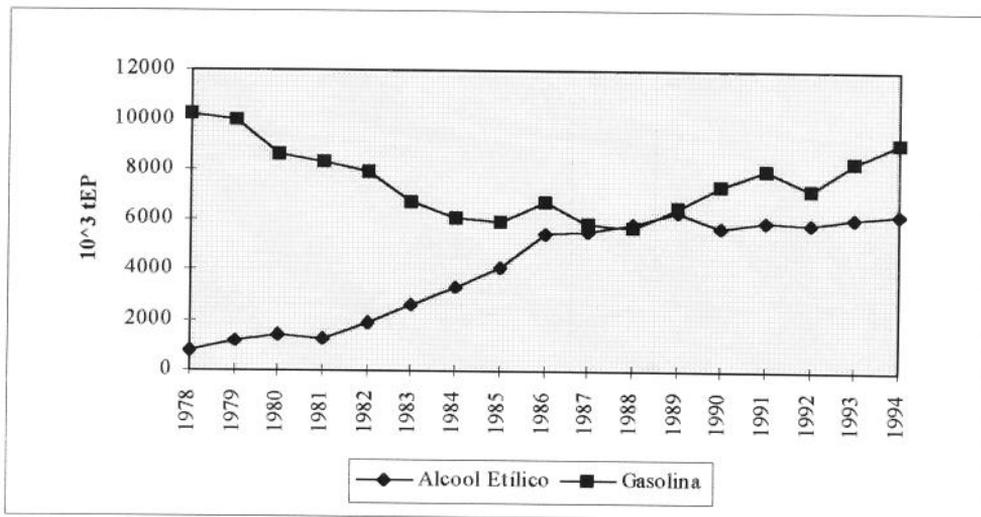


Figura 4.2 Tendências de Consumo de Álcool e Gasolina no Brasil (1978-1994)

4.3 Consumo de Energia por Setores

Para uma análise mais detalhada deste item, considerou-se os anos 1980, 1985, 1990 e 1994, e é enfatizado o consumo dos combustíveis de origem fóssil por serem os responsáveis pelas maiores emissões de CO₂. Portanto, não são considerados a hidreletricidade, o álcool, a nafta e o consumo não energético. O consumo de nafta com fins energéticos é insignificante até 1984, a partir de então o consumo desse produto tende a zero.

Considera-se que a eletricidade, por ter origem hídrica, não emite CO₂. O álcool etílico, como combustível, emite gases poluentes como CO, CO₂ e aldeídos. No entanto, a emissão líquida de CO₂ é praticamente nula já que a fotossíntese da cana absorve todo o C na próxima safra. Dessa forma, as grandes plantações de cana de açúcar, necessárias para a produção de álcool, equilibram o processo de emissão-absorção.

Os parágrafos a seguir mostram a evolução da participação de cada setor no consumo de cada grupo energético: energia primária, secundária e biomassa, no período considerado.

4.3.1 Consumo de Energia Primária

Segundo a classificação do **BEN**, a energia primária é composta pelos seguintes energéticos: gás natural, carvão vapor, carvão metalúrgico, urânio U308, energia hidráulica, lenha, produtos da cana e outras primárias. Por razões óbvias, os três últimos energéticos classificam-se como biomassa. Além disso, neste trabalho são descritos o consumo do gás natural, carvão vapor e carvão metalúrgico.

A **Figura 4.3**, ilustra a participação relativa de cada setor no CFE de energia primária. O maior setor-energia intensivo desse grupo de energéticos é o industrial, que participa em 1980 com 82% e passando a participar em 1994 com 74%. Os energéticos mais consumidos pelo setor industrial são o gás natural e o carvão metalúrgico.

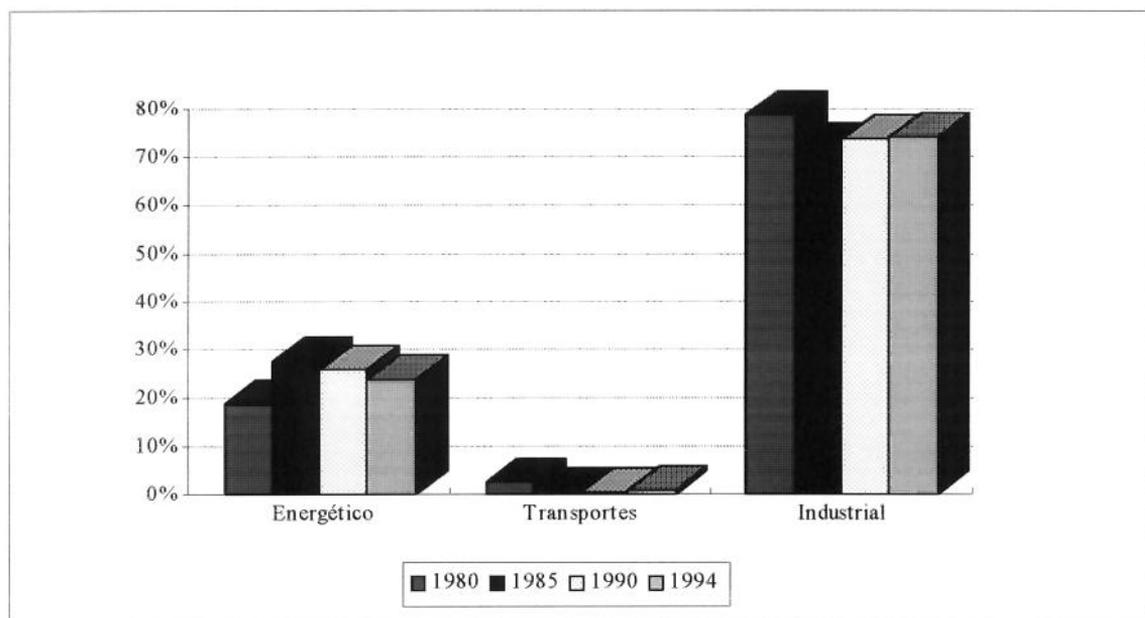


Figura 4.3 Consumo de Energia Primária: Participação Relativa por Setor

4.3.2 Consumo de Biomassa

A lenha, o bagaço de cana, o carvão vegetal e outras fontes renováveis foram agrupadas como sendo biomassa. O setor intensivo no uso da biomassa é o industrial. Em 1994, 53% do consumo total de biomassa pertenceram a esse setor, seguido pelo setor energético que participou com 21%, o setor residencial com 20% e o setor agropecuário com 6% (**Figura 4.4**). A mesma figura mostra a evolução da participação dos diferentes setores no consumo de biomassa. A característica fundamental dessa evolução é que enquanto a participação da biomassa diminui no setor residencial e agropecuário cresce nos setores industrial e energético. Isso devido à incorporação do bagaço de cana e a intensificação do uso do carvão vegetal principal, no setor siderúrgico.

Em 1994 a lenha foi o energético mais consumido pelo setor residencial, com 49% do consumo total de biomassa. Assim, 13% do consumo da lenha pertenceram ao setor agropecuário, 37% ao setor industrial e apenas 1% ao setor comercial.

No caso do carvão vegetal, 89% do consumo deste energético é atribuído ao setor industrial, sendo o ferro gusa e aço o sub-setor intensivo no uso deste recurso, participando com 73%. O setor residencial participa com 10% no consumo do carvão vegetal e o comercial apenas com 1%.

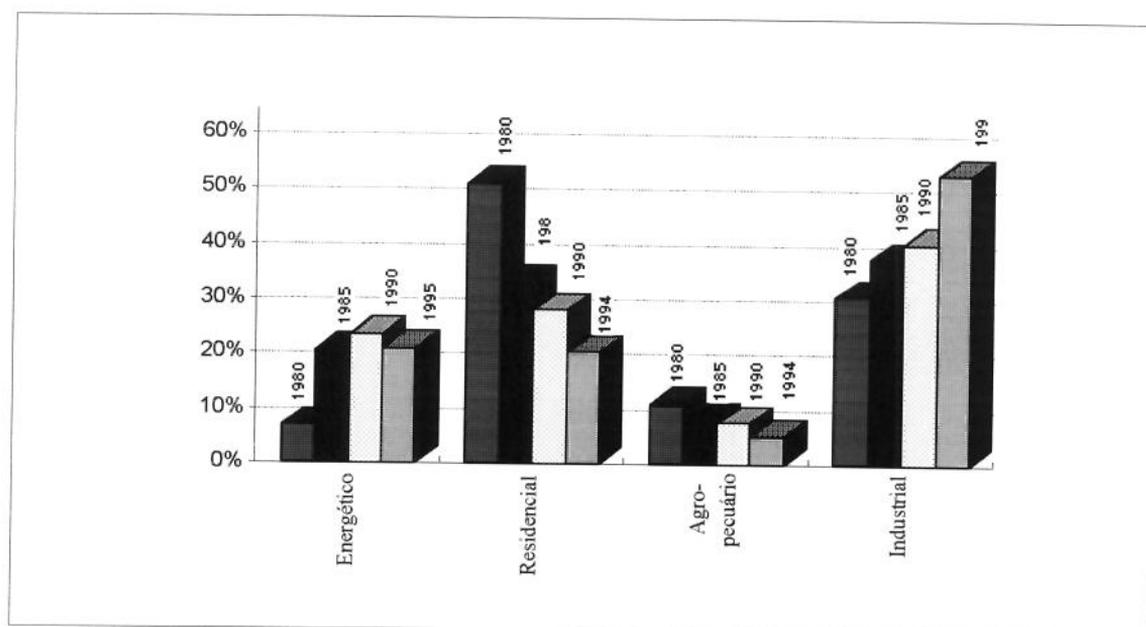


Figura 4. 4 Consumo de Biomassa: Participação Relativa por Setor

4.3.3 Consumo de Energia Secundária

A **Figura 4.5** ilustra a participação de cada setor no consumo deste grupo de energéticos. Segundo o Balanço Energético Nacional, os energéticos agrupados como sendo energia secundária são os derivados de petróleo, o coque de carvão mineral, o alcatrão e outras fontes secundárias de petróleo.

O óleo Diesel é um recurso intensivamente utilizado pelo setor de transportes. 79% do consumo desse energético são atribuídos a esse setor, sendo 75% a participação do sub-setor rodoviário e só 2% do sub-setor ferroviário; o setor agropecuário participa com 17% e os outros com 4%.

O óleo combustível é mais utilizado pelo setor industrial. Em 1994, 70% do consumo desse combustível atribuíram-se a esse setor, 13% ao setor energético, 9% ao setor transportes e 8% a outros. O consumo de gasolina é 100% atribuído ao setor de transportes, sendo 99% do sub-setor rodoviário e apenas 1% do sub-setor aéreo. No mesmo período de análise, o 91% do consumo de GLP é atribuído ao setor residencial, 6% ao setor industrial e 3% a os outros setores. O setor de transportes é responsável por 92% do consumo de querosene, pertencendo a mesma porcentagem ao sub-setor aéreo. Os outros setores participam com 8%. O gás é consumido com maior intensidade pelo setor

industrial que participa com 63% do consumo desse combustível, seguido pelo setor energético que participa com 27% e os outros com 10%. 100% do consumo de coque de carvão mineral são atribuídos ao setor industrial, sendo o sub-setor ferro-gusa e aço responsável pelo 95% desse consumo. Da mesma forma o alcatrão é 100% consumido pelo setor industrial, sendo o sub-setor ferro-gusa e aço responsável por 98% desse consumo.

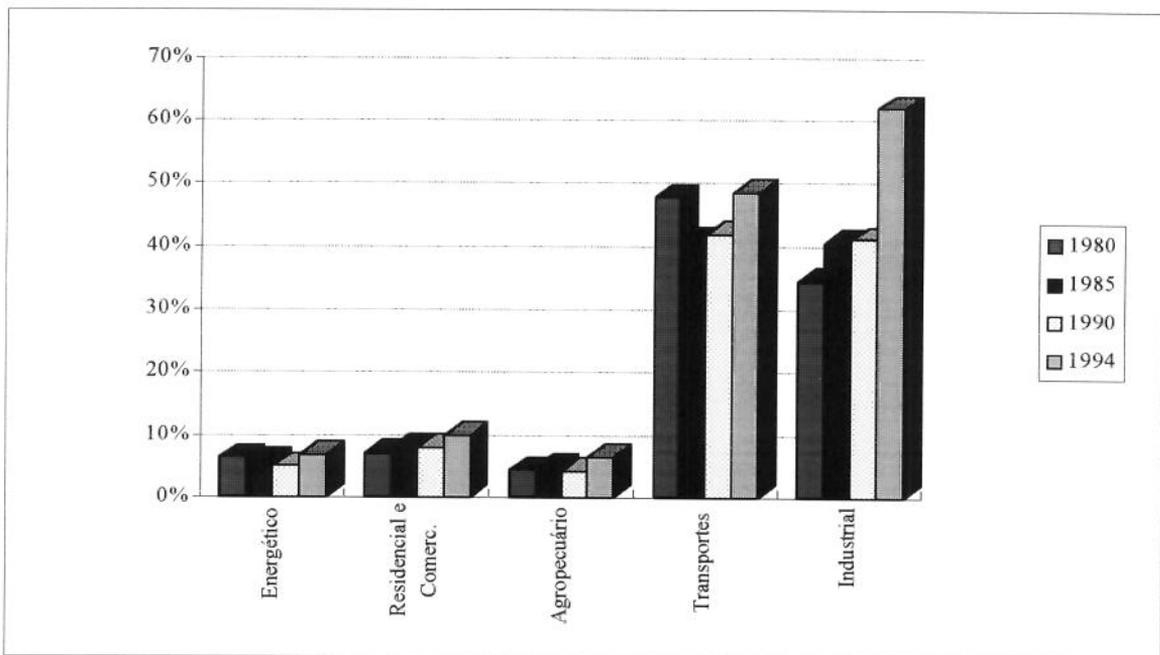


Figura 4. 4 Consumo de Energia Secundária: Participação Relativa por Setor

Por outro lado, com referência à intensidade energética (relação entre energia consumida por unidade econômica gerada, neste caso o PIB global), merece ser mencionada a participação dos setores no consumo de energia e sua importância na formação do PIB nacional. Pelo afirmado acima, conclui-se que o transporte e a indústria são os setores com maior intensidade de uso desses energéticos e, portanto, os que mais aportam emissões de CO₂.

O atual modelo de desenvolvimento dos países de terceiro mundo é caracterizado pela opção energético-intensiva, pois é da questão energética que depende o funcionamento de todos os setores da economia nacional e internacional.

4.4 Evolução do Consumo de Energia no Setor Industrial

De 1976 a 1980, o setor industrial brasileiro passou por uma transformação estrutural importante, crescendo significativamente a importância relativa das indústrias de bens de capital e de bens intermediários. No entanto, o segundo choque do petróleo e o processo recessivo a que foi levado o país, pela política econômica adotada a partir de 1980, provocaram modificações tanto na evolução do setor industrial, quanto na política energética brasileira. Assim, o conjunto de medidas adotadas após o segundo choque do petróleo de 1979, com vistas a reduzir o consumo de derivados de petróleo, produziu mudanças no consumo de energia do setor industrial.

A indústria metalúrgica que vinha de um período de conteúdo energético crescente, no qual a substituição do óleo combustível era relativamente intensa e se fazia principalmente pela utilização do coque do carvão vegetal e da eletricidade, tem, em 1980, seu conteúdo reduzido devido aos efeitos da conservação (**LIZARDO et alii, 1984**). Já em 1994, esse quadro é diferente conforme a **Tabela 4.3**. Nesse ano, se acentua a substituição de óleo combustível por eletricidade e carvão vegetal, devido à recessão dos últimos anos, e, a sua conseqüente capacidade ociosa revertem essa nova tendência, também devido aos baixos preços dos derivados de petróleo.

A indústria do cimento apresenta maior participação no consumo de energia primária. No entanto, em 1980, essa participação era de 34% passando em 1994 a apenas 10%. O gás natural e o carvão vapor são os combustíveis mais consumidos por esse setor. A biomassa só se faz presente nesse sub-setor em 1994 ano em que participa com 1%.

O sub-setor ferro-gusa e aço tem aumentado sua participação no consumo de energia primária, passando de 3% em 1980 a 17% em 1994. Os principais insumos energéticos deste sub-setor são o gás natural e os derivados de petróleo.

A indústria química vem diminuindo relativamente sua participação no consumo de energia primária, tendo sido em 1980 de 18% e em 1994 de 15%. Assim mesmo, a participação no consumo de energia secundária foi de 5% em 1980, sendo o mesmo valor em 1994. Em 1985, atingiu 10% provavelmente devido à substituição do gás natural e eletricidade por óleo combustível.

Tabela 4.3 Participação do Consumo de Energia por Gênero de Indústria.

SETORES	Energia Primária				Biomassa				Energia Secundária			
	1980	1985	1990	1994	1980	1985	1990	1994	1980	1985	1990	1994
CFE	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Industrial - Total	79%	72%	74%	74%	31%	38%	40%	53%	35%	41%	41%	62%
- Cimento	34%	35%	20%	10%	0%	0%	0%	1%	4%	0%	1%	3%
- Ferro Gusa e Aço	3%	8%	11%	17%	0%	0%	0%	11%	9%	11%	8%	20%
- Ferro Ligas	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	1%
- Mineração e Pelotiz.	0%	3%	3%	2%	0%	0%	0%	0%	2%	1%	1%	2%
- Não Fer.e Out. Metal.	0%	0%	1%	3%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	1%	2%
- Química	18%	15%	13%	15%	0%	1%	1%	1%	5%	10%	8%	5%
- Alimentos e Bebidas	7%	4%	8%	6%	20%	22%	23%	24%	3%	1%	5%	16%
- Têxtil	0%	0%	2%	2%	0%	1%	1%	0%	1%	3%	3%	1%
- Papel e Celulose	7%	5%	5%	5%	4%	5%	8%	8%	2%	1%	4%	6%
- Cerâmica	7%	1%	3%	5%	5%	6%	6%	4%	2%	2%	1%	4%
- Outros	1%	2%	9%	9%	2%	3%	2%	2%	5%	10%	9%	3%

Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados do BEN, 1995.

A indústria de alimentos e bebidas é energo-intensiva na utilização da biomassa. A sua participação no consumo de biomassa é cada vez mais crescente. Em 1980 participou com 20% e em 1994, com 24%. O consumo deste grupo de energéticos, especialmente de bagaço de cana é cada vez mais importante, pois seu uso está sendo amplamente aproveitado na cogeração de energia nas usinas, barateando custos, contribuindo para a não agressão ao MA e para a conservação de energia. A participação no consumo de energia secundária pela indústria de alimentos e bebidas também é crescente, considerando que em 1980 participou com 3% e em 1994 com 16%. Os intentos de substituição de energéticos, especialmente do óleo combustível tomou corpo desde 1980, tendo como substitutos principais o carvão vapor, a lenha e o bagaço de cana.

O setor têxtil apresenta pouca participação nos três grupos de energéticos analisados. A substituição do óleo combustível por eletricidade cresce significativamente depois do ano 1979, neste ramo da indústria.

A indústria do papel tem participação decrescente no consumo de energia primária passando de 7% em 1980, a 5% em 1994. A sua participação é relativamente importante no consumo de biomassa pois de 4% em 1980 passou a 8% em 1994. Ocorre a mesma situação no consumo de energia secundária, pois conforme a **Tabela 4.3**, sua participação é crescente: 2% em 1980 e 6% em 1994.

A substituição do óleo combustível foi o principal fator da conservação de energia praticada pelo setor industrial nesse período. Essa substituição foi principalmente por eletricidade, carvão vapor, lenha e bagaço de cana.

Em geral, a partir do segundo choque do petróleo, a política energética adotada acelera o uso de técnicas de conservação de energia na indústria, fazendo com que a sua participação no consumo de combustíveis tome proporções significativas. Quase em todos os períodos analisados, o consumo de energia é drasticamente reduzido por causa da recessão.

Ao longo dos períodos 80, 85, 90 e 94; as variações de consumo de energia, permitem a identificação de redução das intensidades energéticas da indústria, compensando a mudança estrutural para indústrias mais intensivas em energia, aumentando o consumo de carvão vapor, eletricidade, carvão vegetal e bagaço de cana, e diminuindo o consumo de óleo combustível.

Em 1994, 63% do consumo de gás natural referem-se ao setor industrial. O segundo mais setor que consome o gás natural é o energético, pois no mesmo ano participou com 34% do consumo desse recurso e o setor de transportes com apenas 1%.

O setor intensivo no uso de carvão metalúrgico é o industrial. Em 1994, 100% do consumo desse energético pertenceram a esse setor, sendo especificamente o sub-setor de ferro gusa e aço o que utiliza esse recurso.

O setor industrial também é responsável por todo o consumo de carvão vapor, sendo o sub-setor de cimento o que consome 46% desse energético, seguido pelo sub-setor químico que participa com 14%, papel e celulose com 13%, alimentos e bebidas com 10% e outros com 15%.

4.5 Importância da Biomassa na Matriz Energética

O Brasil possui um grande potencial de produção de biomassa e é atualmente um dos poucos países desenvolvidos nesta fonte de energia, com crescente interesse em desenvolver tecnologias de biomassa. Esse potencial se vê reforçado pela extensão territorial e sua condição edafo-climática propícia. Brasil é no mundo o país que mais se desenvolveu na cultura de biomassa, de ciclo curto (cana-de-açúcar) ou de ciclo longo

(biomassa florestal) e apresentar um sistema industrial desenvolvido no que tange à utilização da biomassa como energia. Por essa razão, a biomassa representa uma alternativa de energia ambientalmente “limpa”, de custos baixos e com a vantagem de ser renovável.

A realidade do país mostra que as necessidades mais urgentes são aquelas que levam à introdução de melhorias tecnológicas no processo de carbonização, para atividades como a metalurgia, por exemplo. O processo de carbonização é largamente utilizado no Brasil, o mesmo não acontece nos outros países. A sustentação da siderurgia a carvão vegetal, levando-se em conta a diminuição da cobertura vegetal nativa e o crescente aumento de custo na produção de biomassa florestal, devido a uma série de fatores (preço da terra, custos dos fertilizantes e da mão-de-obra), requer um melhor aproveitamento do recurso florestal, em processos mais produtivos e mais rentáveis.

Só na região amazônica, há locais onde a densidade florestal chega a 400 m³/ha de floresta nativa. A extensão das áreas florestadas do país está estimada em 6,8 milhões de hectares, dos quais 2,4 milhões de hectares são destinados à produção de carvão vegetal e o restante à redução de celulose. Assim mesmo, se tem no Brasil a produção de cana-de-açúcar em grandes extensões de terras, destinadas à produção de álcool como combustível, deixando o subproduto bagaço de cana também com aproveitamento energético em grandes usinas e destilarias.

Esse o aproveitamento dos recursos naturais como florestas e plantações de cana-de-açúcar com fins energéticos, apresentam vantagens globais quanto ao melhoramento da qualidade do ar. O uso da biomassa como combustível, segundo **SHELL (1994)**, não incrementa o teor, por exemplo, de CO₂ na atmosfera, já que este é produzido durante a combustão, equilibrando-se com o CO₂ consumido durante a fotossíntese. Além disso, alguns pesquisadores consideram que as florestas podem ter um papel importante na diminuição do teor do CO₂ na atmosfera. Assim, as plantas fixam uma quantidade líquida de CO₂ que corresponde à diferença entre a quantidade absorvida pela fotossíntese e as perdas pela respiração. Segundo **ELLIOT E BOOTH (1990)**, as emissões por respiração ficam na faixa de 25-75% do total captado durante a fotossíntese, considerando-se 40% como um valor médio. Segundo os mesmos autores as florestas tropicais podem fixar aproximadamente 10 t/ha.ano de carbono proveniente da atmosfera. Assim, plantações de 100 Mha poderiam absorver mais de 1 Gt de carbono atmosférico por ano.

A substituição da cobertura vegetal natural de um ecossistema, seja por culturas agrícolas, pastagens ou florestas plantadas, implica em variações na quantidade de biomassa atual em relação à original. O incremento, em dado momento, do estoque de biomassa de uma determinada área significa a “captura ou seqüestro” de carbono da atmosfera, o qual passaria a ficar imobilizado na biomassa vegetal (**MEDEIROS, 1995**). O processo de reflorestamento apresenta dois reservatórios de carbono: um dinâmico e outro permanente. O primeiro é constituído pelas plantações econômicas e que são cortadas periodicamente. O segundo é constituído por áreas de florestas nativas deixadas como reserva, que são de regeneração espontânea ou especialmente “regeneradas” e que usualmente correspondem de 20 a 50% da área considerada. Por esse fato, a estrutura da matriz energética brasileira, no âmbito internacional, é vista como “modelo” porque a biomassa tem uma participação importante no “mix” de combustíveis utilizados nos processos de produção e consumo.

Por outro lado, o uso da biomassa apresenta desvantagens sobre o ambiente e sobre uma parcela da sociedade, especialmente no âmbito local. Por exemplo, entre as desvantagens sobre o ambiente de ordem local, podemos citar as seguintes:

- aproximadamente 610 mil ha. de florestas nativas são desmatadas a cada ano;
- elimina a fauna silvestre que é normalmente utilizada pela “caça de subsistência” da população da baixa renda;
- provocam o deslocamento de culturas alimentícias de subsistência, contribuindo para a escassez e elevação do preço dos alimentos; e
- polui o ambiente circunvizinho às carvoarias afetando a saúde dos carvoeiros, homens mulheres e crianças.

Uma parcela significativa da própria organização social funciona para produzir e distribuir mercadorias energéticas, entre eles os lenhadores, carvoeiros, canaveiros e os operários das destilarias de álcool, que trabalham com frequência em condições duras, insalubres, perigosas e com riscos de saúde e de acidentes. Geralmente, as atividades neste ramo submete ao trabalhador a grandes jornadas de trabalho mal remuneradas, e em condições precárias de segurança, em condições insalubres pelo manuseio de agrotóxicos, entre outros.

4.6 Comportamento dos Preços no Consumo de Energia

A resposta da demanda dos combustíveis fósseis e os preços relativos dependem crucialmente das tecnologias energéticas já incluídas nos capitais existentes. Como geralmente há uma pequena flexibilidade construída dentro do estoque de capital existente, tecnologias mais eficientes quanto ao uso de energia tendem a mudar seu uso lentamente. Estimativas econométricas baseadas em dados de séries temporais, apresentam baixas elasticidades de preços a curto prazo do uso de combustíveis fósseis, enquanto as elasticidades a longo prazo variam consideravelmente ao longo de estudos empíricos **(HOELLER&WALLIN, 1992)**

Dadas as mudanças verificadas na estrutura produtiva a partir de 1973, os preços relativos entre os energéticos e outros bens assumiram novos valores **(GUERRA e BENSUSSAN, 1991)**.

Teoricamente, os consumidores tentarão consumir menos quando os preços se elevarem, respeitada a inércia dos equipamentos de que dispõem, mas o comportamento do consumo dos energéticos aqui analisados não apresentaram essa tendência. Quanto às emissões de CO₂, preços baixos são provavelmente razões importantes para as poluições, pois quanto mais barato seja um combustível maior será seu consumo.

Por outro lado, o consumo de energia cresce com a atividade econômica, embora os preços dos energéticos tenham se constituído como variáveis decisórias quanto ao seu consumo.

Os preços dos energéticos no Brasil têm diferido entre as regiões, diferenças que podem proporcionar uma melhor medida, a longo prazo dos efeitos dos preços dos energéticos na demanda. Uma desagregação pode mostrar também que as elasticidades variam por tipo de combustível, sendo maior para o gás e menor para os produtos de petróleo.

As políticas dos preços e incentivos ao desenvolvimento de fontes energéticas nacionais adotadas após os dois choques do petróleo na década, reinverteram a tendência histórica que era de crescimento da participação do petróleo na matriz energética e levaram a uma maior diversificação do suprimento. Após 1985, com a queda dos preços do petróleo, essa reversão parece atenuada **(BEN, 1995)**. Em 1989 a oferta interna divide-se, basicamente, entre combustíveis fósseis (37%), energia hidráulica (36%), e biomassa

(27%). Assim, as energias renováveis participam, com quase dois terços do total de ofertas **(RODRIGUES et al, 1993)**

Nos últimos anos, a prática de uma política de preços e tarifas não alinhados com os custos de produção e a adequada remuneração dos investimentos levou o setor energético a enfrentar sérios problemas, com reflexos sobre o custo do suprimento e a garantia da oferta de energia.

As principais conseqüências deste processo foram: um crescente endividamento nos setores de eletricidade, álcool e carvão mineral; desperdícios de energia; e investimentos insuficientes; principalmente nos setores de petróleo e álcool.

Outra conseqüência desse choque foram as mudanças verificadas na estrutura produtiva de então que repercute até a atualidade. Entretanto, merece ser analisada a relação entre a atividade econômica, o consumo de energia e as emissões de gases tóxicos, já que são aspectos intimamente ligados.

5. Cálculo e Projeção das Emissões de CO₂ no Brasil

5.1 Introdução

Um grande número de estudos tem sido elaborados para minimizar os custos técnico-econômicos e sociais do consumo de energia. Assim mesmo, tem-se dado especial atenção aos estudos direcionados à substituição de equipamentos e processos produtivos; ocasionados pela crescente preocupação com as mudanças no clima mundial, causadas pela emissão de gases na atmosfera.

O objetivo deste Capítulo é calcular as emissões de CO₂ provocadas pela queima de combustíveis. Para atingir tal objetivo, será enfatizado o consumo dos combustíveis de origem fóssil já que são os maiores responsáveis pelas emissões de poluentes. Portanto, não serão tomados em conta eletricidade, a nafta, o álcool e o consumo não energético. Considera-se que a eletricidade não emite CO₂, por ter origem hídrica e o consumo de nafta com fins energéticos é insignificante até 1984, data a partir da qual tende a zero.

As emissões líquidas de CO₂, provenientes da queima de álcool etílico, são consideradas nulas pela absorção de carbono pela fotossíntese da cana da próxima safra. Além disso, segundo estudos da CETESB, o uso de álcool como combustível melhora a qualidade do ar. O álcool hidratado reduz as emissões de gases dos veículos, exceto no que se refere aos aldeídos acéticos, composto orgânico poluente que causa irritação nos olhos. Embora a combustão do álcool não ocorra inteiramente livre de poluentes, se dá em torno de 50% abaixo do da gasolina que, além de aldeídos fórmicos, libera na atmosfera monóxido e dióxido de carbono.

Da mesma forma, considera-se a biomassa pois os recursos desta fonte também representam importantes fontes de emissões de CO₂, embora essas emissões não contribuam para o efeito estufa graças à sua natureza retroalimentável.

A evolução dos volumes de emissão de CO₂, devido à queima das diversas fontes de energia, é feita exclusivamente com base nos dados do consumo final energético anual, (em toneladas equivalentes de petróleo) dados estes publicados na fonte oficial do Balanço Energético Nacional. Os efluentes líquidos sólidos e gasosos que são aproveitados em queimas internas, nos centros de produção de energia (refinarias, centrais hidrelétricas, coquearias de siderúrgicas, destilarias de álcool, etc.), não são considerados para o cálculo das emissões de CO₂, por carecerem de dados quantitativos oficiais por fonte. Também foge ao objetivo central deste trabalho examinar o rigor das considerações técnicas resultantes desses efluentes. Os problemas com os fluxos de consumo final geralmente se apresentam nos centros de produção e transformação de energia. Existe abundante queima de tochas nas plataformas de petróleo e gás, geralmente por anormalidades de operação (gases de excesso), mas também em queima compulsória por falta de escoamento.

Para se distinguirem as emissões dos energéticos de origem fóssil das da biomassa, chama-se às primeiras emissões não biogênicas (ENB) e às segundas emissões biogênicas (EB).

5.2 Cálculo das Emissões de CO₂ por Fonte

A parcela das emissões de CO₂ ocasionadas pelo homem estão relacionadas principalmente à combustão de carvão, petróleo e gás. Estes combustíveis fósseis emitem CO₂ em proporções relativamente fixas por unidade de energia, essas proporções são mais altas para o carvão do que para o petróleo e o gás. Portanto, as emissões variam com a quantidade de uso do combustível fóssil e seu “mix” (vide índices de emissão na **Tabela 5.1**).

Segundo **HOELLER & WALLIN (1991)**, uma redução das emissões de uso de combustíveis fósseis pode ser feitas por:

- a) uma mudança nos padrões de demanda com vistas a um menor uso de energia;
- b) uma mudança no “mix” de combustíveis, isto é, substituição de combustíveis fósseis de alto conteúdo de carbono, por exemplo carvão, por um outro com baixo conteúdo de carbono, por exemplo gás natural, ou de combustíveis fósseis por não fósseis, principalmente de origem hídrica e com energia renovável.

Além das duas mudanças mencionadas, existem múltiplas soluções para conter essas emissões. Algumas delas são: melhorar a tecnologia, incrementar a eficiência na utilização da energia e adotar as políticas de controle do MA.

Embora a queima da biomassa com fins energéticos provoque emissões de CO₂, o seu tratamento é especial, já que a obtenção da matéria-prima para sua produção (por exemplo cana para a produção de álcool, reflorestamento para produção de carvão vegetal etc.), faz cumprir o processo natural de emissão absorção de CO₂.

Conforme foi exposto no Capítulo 4, o Brasil possui uma matriz energética cuja estrutura é diversa e com uma participação considerável da biomassa. Por tal razão, as emissões de CO₂ se classificam em biogênicas e não biogênicas⁹.

Portanto, considerando-se que as emissões de CO₂ são originadas pelo consumo de energia tanto de recursos fósseis quanto de biomassa, os cálculos das emissões são feitos para ambas as fontes. Contudo, cabe declarar que as emissões biogênicas são descontadas do total de CO₂ emitidos na atmosfera pelas seguintes razões:

a) no caso do bagaço de cana, se considera que o CO₂ emitido para sua queima com fins energéticos (especialmente nos diversos ramos do setor industrial), é absorvido pela próxima safra. Assim, caso o ciclo de emissão-absorção estaria sendo realizado.

b) no caso da lenha e do carvão vegetal, supõe-se que as emissões são absorvidas pelo crescimento natural da vegetação (florestamento), havendo reposição pelo processo de reflorestamento. Em níveis bons de produtividade, o reflorestamento das áreas disponíveis da terra (estima-se que as extensões de terras degradadas e abandonadas estão entre 700 e 1000 Mha) poderia remover, teoricamente, cerca de 5 GtC/ano da atmosfera nos seguintes 40 anos (**WOODS&HALL, 1993**).

A reunião da Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável, realizada para avaliar os custos de implantação de reflorestamento nas diferentes regiões do Brasil, apresentou resultados muito interessantes, como por exemplo que a maioria dos plantios de pinus e eucaliptus absorve de 20 a 30 t de carbono por ano. O que estes números indicam é que a plantação de 200 mil hectares (que é a área que se perde por ano por desmatamento da Amazônia) de pinus, eucaliptus ou dendê, poderia absorver cerca de 5

⁹ Segundo **SUAREZ (1993)**, as emissões biogênicas (EB) são as originadas pela combustão de lenha, carvão vegetal e produtos de cana de açúcar; as emissões não biogênicas (ENB) são causadas pela queima de combustível de origem fóssil.

milhões de toneladas de carbono por ano. Pode parecer pouco, mas corresponde a todo o carbono que o Brasil emite mensalmente¹⁰.

5.3 Metodologia Utilizada

Os aspectos considerados para determinar o total da emissão de CO₂ no Brasil são os seguintes:

- a. consumo final energético/CFE;
- b. cálculo das conversões, sabendo-se que 10³ tEP= 45,188285 TJ;
- c. determinação do período compreendido entre 1980 e 1994;
- d. aplicação dos coeficientes técnicos de emissão de CO₂ como na **Tabela 5.1**.

Tabela 5.1: Coeficientes de Emissão de CO₂

ENERGÉTICO	(tC/TJ)
gás natural	49.7
GLP	59.8
gás canalizado	86.0
gasolina	70.7
óleo combustível	73.1
querosene	67.7
carvão vapor	86.0
coque de carvão mineral	86.0
carvão metalúrgico	86.0
carvão vegetal	81.5
lenha	81.5
outros de petróleo	67.5

Fonte: International Environment, Canada

¹⁰ Goldemberg, J., "A recuperação das Florestas" em O Estado de São Paulo, 6 de Dezembro de 1994, p. A-2

Aplicando-se esses coeficientes ao CFE para cada um dos anos do período, obtém-se o total emitido em MtCO₂, conforme a equação a seguir:

$$E = \Phi_t * X_t$$

em que:

E = emissão de CO₂

Φ_t = consumo final do combustível t

X_t = coeficiente de emissão de CO₂ do combustível t

5.4 Apresentação dos Resultados

5.4.1 Emissões não Biogênicas

Para este estudo foi elaborada a **Tabela 5.2**¹¹ que apresenta os resultados da aplicação da equação anterior, onde se observa a quantidade de CO₂ emitido pela atividade econômica brasileira, desde 1979 até 1994. Em 1994, as ENB atingiram 210,35 MtCO₂ enquanto que em 1979 foram 168,73 MtCO₂, portanto, apresentando uma taxa de crescimento médio anual de 1,38%.

No caso do óleo combustível, da gasolina e do gás canalizado, estas taxas foram negativas. Provavelmente, isso se deve ao fato do consumo estar sendo substituído por outros combustíveis como o álcool e a eletricidade.

O combustível que apresenta uma TMAC maior é o gás natural, devido à sua crescente participação no consumo desse grupo de energéticos. Em 1979, as emissões feitas por este recurso representavam apenas 1%, passando a representar 3% em 1994. O gás natural é considerado uma fonte relativamente limpa, o que pode ser justificado

¹¹ Todas as tabelas e Figuras daqui em diante até o final deste Capítulo tem como fonte a elaboração própria, salvo indicação em contrário

mediante o seu índice de emissão -49.7 tC/TJ -, o mais baixo de todos os combustíveis analisados.

O combustível que se coloca em terceiro lugar é o alcatrão, que apresenta uma TMAC de 9%. Porém, ele não é motivo de maior preocupação visto que seu consumo é insignificante frente a outros energéticos.

O carvão vapor apresenta uma TMAC de 6%. Em 1979 participou com 1% , chegando ao máximo de 4% durante 1983,1985 e 1987, tal participação vem caindo pois em 1994 chegou a 2%.

O coque de carvão mineral, em 1979, participou com 7% nas ENB, chegando a um máximo de 13% em 1989 e em 1994, participa com 12%.

O gás de coqueria apresenta uma TMAC de 4%. Apesar de seu índice de emissão ser um dos mais altos 86.0 tC/TJ , esse energético não é preocupante porque sua participação é relativamente insignificante, em 1979, por exemplo, participou com 1% e em 1994 com 2%.

A participação do óleo Diesel, que apresenta uma TMAC de 3%, vem crescendo desde 1979 quando atingia 27%, chegando a um máximo de 36%, em 1991. Em 1994, esse combustível participou com 35% das ENB totais, afirmando-se como o combustível que maior participação apresenta em todo o período analisado.

O óleo combustível, cujo índice de emissão é 73.1 tC/TJ , apresenta uma TMAC negativa -3%. Em 1979, a sua participação nas ENB totais era a maior (32%), tendo se reduzido à metade em 1994 (16%).

A gasolina, cujo índice de emissão é 70.7 tC/TJ , também apresenta uma TMAC negativa (-1%). A participação deste energético em 1979 foi de 18%, caindo para 13% em 1994. Isto se deve à queda no consumo deste energético, pela introdução de veículos a álcool no parque automotor do Brasil, que desde 1979 vem desempenhando uma participação importante na matriz energética do país.

Depois do gás natural, o GLP é um dos energéticos com um índice de emissão relativamente baixo: 59.8 tC/TJ . Sua TMAC é de 5%, o que é evidente já que em 1979 a sua participação no total das ENB foi de 4%, havendo praticamente dobrado essa participação, em 1994 com emissão de 8%.

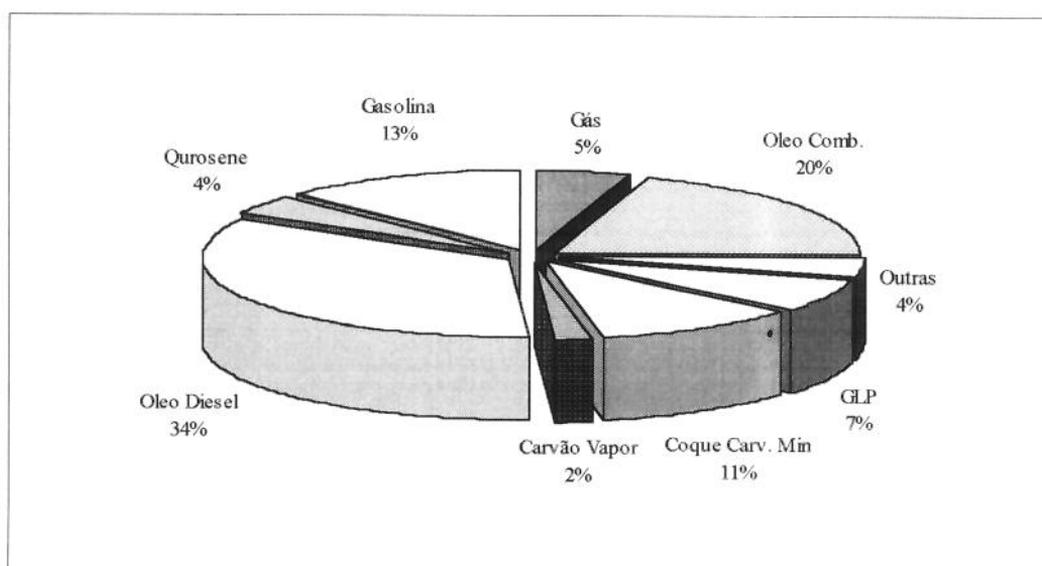
O querosene não apresenta crescimento nas ENB, pois a sua participação é relativamente constante: 4% em 1979, apesar de ter caído a 3% em 1994.

Tabela 5.2: Emissão não Biogênica de CO₂ por Fonte (1979-1994).Unidade: Mt CO₂.

FONTES	1979	1981	1983	1985	1987	1989	1991	1993	1994	TMAC*
Gás Natural	0,91	1,11	1,81	3,06	4,22	4,28	4,74	5,95	6,15	12%
Carvão Vapor	1,19	3,29	5,66	5,81	6,52	4,48	4,94	3,01	3,33	6%
Gás de coqueria	2,44	2,13	2,90	4,30	5,29	5,48	4,90	5,06	5,01	4%
Coque Carv.Min.	11,65	10,14	12,87	18,82	21,12	23,50	23,43	25,12	25,44	5%
Alcatrão	0,16	0,16	0,15	0,17	0,41	0,57	0,46	0,65	0,66	9%
Óleo Diesel	46,10	48,09	48,54	53,16	61,50	65,68	67,53	71,18	74,40	3%
Óleo Combustível	54,54	42,34	31,13	28,37	32,19	30,88	28,74	33,02	33,48	-3%
Gasolina	30,81	25,39	20,69	18,25	17,95	19,81	24,40	25,54	27,81	-1%
GLP	7,50	8,61	10,03	10,81	12,77	14,35	14,88	15,82	16,23	5%
Querosene	6,66	6,81	6,69	6,19	6,58	6,67	6,55	6,37	6,60	0%
Gás Canalizado	0,83	0,90	1,02	1,08	1,19	1,16	1,01	0,81	0,67	-1%
Outras Sec.Petr.	5,94	5,54	6,43	6,75	7,70	8,11	8,16	8,65	10,56	3%
TOTAL ENB	168,73	154,52	147,90	156,75	177,46	184,96	189,76	201,19	210,35	1,38%

* Taxa Média Anual de Crescimento

Outras fontes secundárias de petróleo apresentam uma TMAC de 3%. A participação deste grupo de energéticos manteve-se constante até 1993 com 4%, passando a 5% em 1994.

**Figura 5.1 Participação Relativa de Cada Fonte nas ENB de CO₂**

Pela análise da **Figura 5.1** que apresenta a média da participação dos recursos agrupados como sendo não biogênicos no período analisado (1979-1994). Nota-se que o combustível que mais emite CO₂ é o óleo Diesel, que participa com 34% das ENB, seguido do óleo combustível com 20%, a gasolina participa com 13%, o coque de carvão mineral com 11%, o GLP com 7%, o querosene com 4% e os outros com 11%.

5.4.2 Emissões Biogênicas

Para demonstrar os resultados para os recursos da biomassa foi montada a **Tabela 5.3**. A característica deste grupo de energéticos é que toda a quantidade de CO₂ por eles emitida é considerada nula, pois é absorvida pelo processo de fotossíntese das plantações, tanto de cana de açúcar como do crescimento natural das árvores e outros vegetais. Em 1979, as emissões provenientes dessas fontes atingiram 119,03 MtCO₂ e em 1994 129,46 MtCO₂, observando-se, portanto, uma taxa de crescimento de 4%.

No entanto, a porcentagem de participação da biomassa nas emissões de CO₂ é de 38,10%. Aos recursos de origem fóssil correspondem 61,90%, significando que uma porcentagem considerável é reabsorvida pelo sistema ecológico.

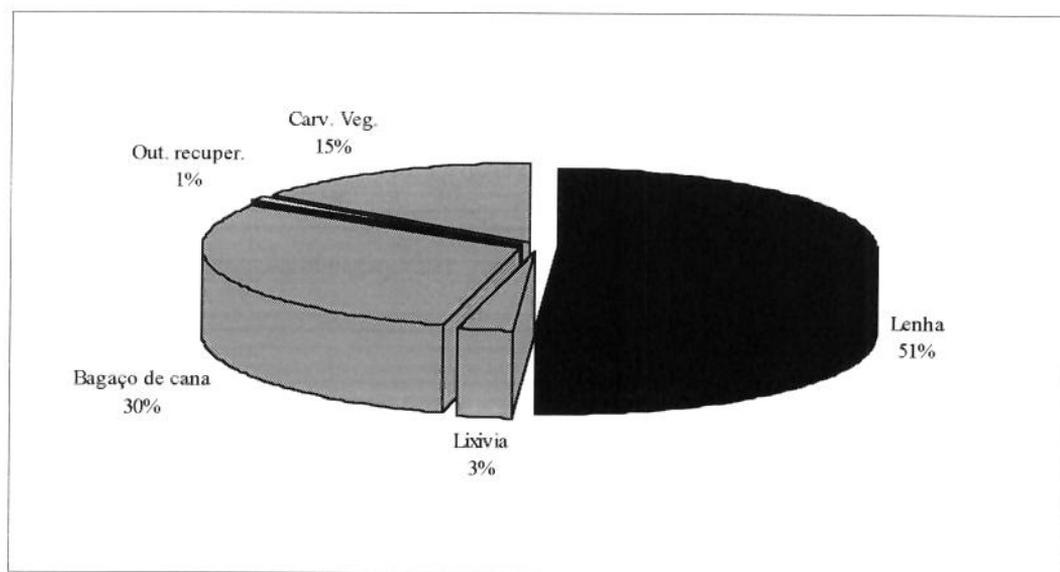
A lenha e o bagaço de cana tiveram ambos um comportamento inverso. Em 1979, a participação da lenha nas EB era majoritária: 68%. Essa participação em 1994 caiu para 38%. No entanto, o bagaço de cana em 1979 participou com 19% e em 1994 com 41%. Isto se deve ao crescente consumo do bagaço de cana, sobretudo no setor industrial, onde se usa esse recurso como combustível na cogeração.

A participação do carvão vegetal também apresenta um crescimento. Em 1979 participou com 11% do total das EB, e em 1994, com 15%.

Tabela 5.3. Emissão Biogênica de CO₂ por Fonte (1979-1994).Unidade: Mt CO₂.

FONTES	1979	1981	1983	1985	1987	1989	1991	1993	1994
Lenha	80,87	78,72	73,49	72,45	70,52	62,51	55,91	50,19	49,77
Bagaço de cana	22,65	26,57	36,24	42,39	46,71	41,16	43,72	45,13	52,65
Lixívia	2,24	2,61	2,84	3,50	3,77	3,79	4,34	6,07	6,35
Carvão Vegetal	13,26	14,58	16,97	22,21	22,80	27,04	19,41	18,89	18,92
Outras recuperações	0,01	0,16	0,22	0,74	1,16	1,70	1,54	1,71	1,78
TOTAL EB	119,03	122,63	129,77	141,29	144,97	136,20	124,93	122,00	129,46
TOTAL ENB	168,73	154,52	147,90	156,75	177,46	184,96	189,76	201,19	210,35
TOTAL	287,77	277,15	277,66	298,05	322,42	321,16	314,69	323,18	339,80

A **Figura 5.2** mostra a participação média de cada fonte dos recursos da biomassa nas emissões biogênicas de CO₂, durante o período de: 1979-1994.

**Figura 5.2 Participação Relativa por Fontes nas EB de CO₂**

O energético responsável pela maior quantidade de emissão é a lenha que participou com 51% das emissões, no período analisado. O bagaço de cana também tem uma participação significativa, 30%, seguido pelo carvão vegetal, com 15%

Na **Figura 5.3**, observa-se a evolução histórica das EB e das ENB de CO₂ de 1979 a 1994, evolução essa que apresenta uma ligeira tendência para aumentar. Sem dúvida, as

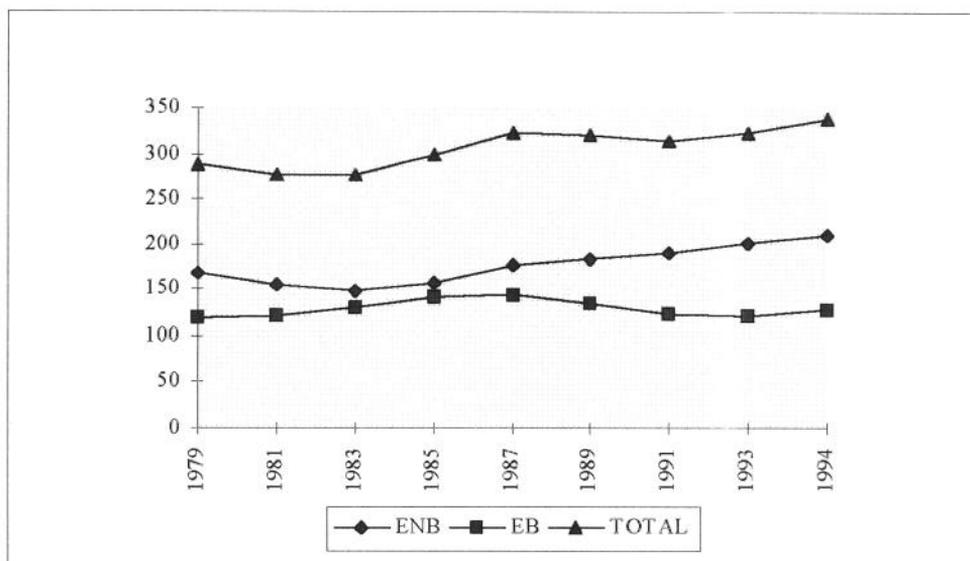


Figura 5.3 Evolução das EB e ENB de CO₂ 1979-1994 (Mt CO₂)

emissões de CO₂ têm apresentado uma TMAC de 1,11% nos últimos quinze anos. As EB representam 38% e as ENB representam 62%, o que quer dizer que aproximadamente 210,35 Mt CO₂ são emitidas efetivamente no ar e, 129,46 Mt CO₂ são absorvidas pelo processo de fotossíntese das plantas, pelo crescimento das florestas e pelo reflorestamento.

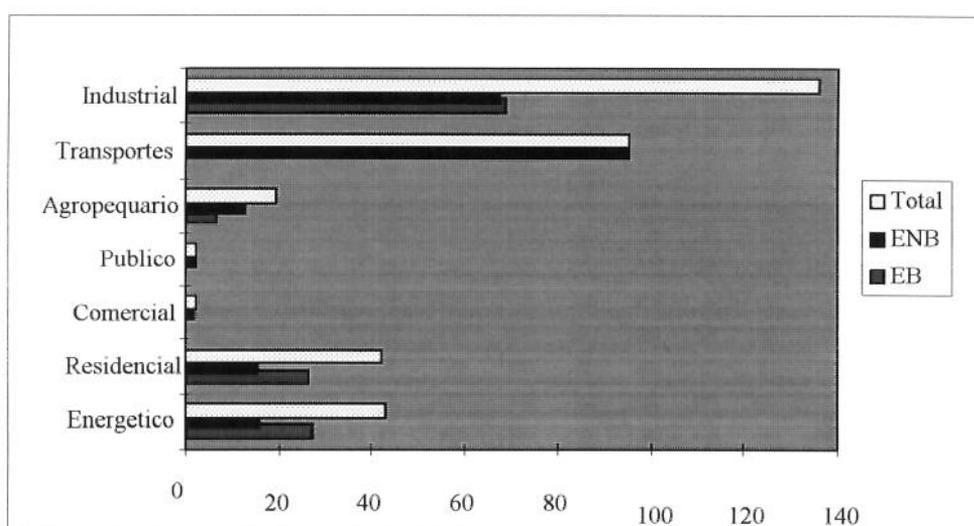
5.5 Cálculo das Emissões de CO₂ por Setor em 1994

Devido à complexa estrutura dos setores produtivos da economia brasileira, esta análise é feita só para o ano de 1994, com o objetivo de se ter uma idéia da participação de cada setor nas emissões de CO₂. O cálculo é feito para cada setor e sub-setor de produção e serviços e, também, por fonte de combustível utilizado por esses setores para realizarem suas atividades.

A **Tabela 5.4** apresenta as quantidades emitidas pelos diversos setores da economia brasileira, tanto EB quanto ENB. A **Figura 5.4** ilustra as tendências das emissões feitas por setor. Nela aprecia-se que os setores industrial e de transportes são os maiores responsáveis por essas quantidades para 1994. O setor energético também apresenta uma participação considerável, como se verá a seguir. Uma análise desagregada será feita para mostrar a responsabilidade de cada setor nas EBs e nas ENBs.

Tabela 5.4. Emissão Total de CO₂ por Setores em 1994.Unidade: MT CO₂.

SECTORES	Lenha	Cana de Açúcar	Carv. Vegetal	Out. Renováveis	Total Biomassa	Oleo Diesel	Oleo Combustível	Gásolina	GLP	Que-ro-sene	Gás	Gás Natural	Co-que Carv. Min.	Carv. Va-por	Out. Sec. Pe-tro-leo.	Al-ca-trão	Total Ener-gia Sec.	Total
EMISSÃO FINAL CO ₂	49,77	52,65	18,92	8,13	129,46	74,40	33,48	27,82	16,23	6,60	5,68	6,15	25,44	3,33	10,56	0,66	210,4	339,81
Setor Energético	0,00	27,23	0,00	0,00	27,23	1,11	4,49	0,00	0,05	0,07	1,51	2,06	0,00	0,00	6,29	0,00	15,58	42,81
Residencial	24,52	0,00	1,85	0,00	26,37	0,00	0,00	0,00	14,78	0,23	0,43	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	15,50	41,87
Comercial	0,33	0,00	0,21	0,00	0,54	0,22	0,95	0,00	0,34	0,01	0,16	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	1,70	2,24
Público	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,58	1,22	0,00	0,11	0,02	0,02	0,02	0,00	0,00	0,05	0,00	2,02	2,04
Agropecuário	6,72	0,00	0,02	0,00	6,74	12,49	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,69	19,43
Transportes - Total	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	58,52	3,05	27,82	0,00	6,09	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	95,56	95,56
- Rodoviário	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	55,52	0,00	27,66	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	83,27	83,27
- Ferroviário	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,79	1,79
- Aéreo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	6,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,24	6,24
- Hidroviário	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,21	3,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,25	4,25
Industrial Total	18,19	25,42	16,82	8,13	68,56	1,49	23,56	0,00	0,94	0,18	3,57	3,90	25,44	3,33	4,22	0,66	67,29	135,85
- Cimento	0,00	0,00	0,75	0,15	0,90	0,05	3,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	1,52	0,01	0,01	5,17	6,07
- Ferro Gusa e Aço	0,00	0,00	13,80	0,00	13,80	0,12	1,22	0,00	0,14	0,03	3,51	0,85	24,12	0,03	0,00	0,65	30,67	44,48
- Ferro Ligas	0,04	0,00	1,64	0,00	1,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00	0,17	1,86
- Mineração e Pelotiz	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,45	2,03	0,00	0,00	0,01	0,00	0,18	0,43	0,00	0,01	0,00	3,11	3,12
- Não Fer. e Out. Metal	0,14	0,00	0,45	0,00	0,60	0,00	1,40	0,00	0,05	0,00	0,00	0,27	0,75	0,00	1,38	0,00	3,87	4,47
- Química	0,66	0,18	0,11	0,00	0,95	0,20	4,40	0,00	0,05	0,07	0,00	0,99	0,00	0,47	2,72	0,00	8,90	9,85
- Alimentos e Bebidas	6,55	25,09	0,00	0,00	31,64	0,10	2,79	0,00	0,07	0,03	0,02	0,35	0,00	0,34	0,00	0,00	3,70	35,33
- Têxtil	0,38	0,00	0,00	0,00	0,38	0,01	1,25	0,00	0,01	0,00	0,00	0,18	0,00	0,01	0,00	0,00	1,45	1,83
- Papel e Celulose	2,91	0,11	0,00	7,81	10,83	0,06	2,26	0,00	0,02	0,01	0,00	0,20	0,00	0,45	0,08	0,00	3,08	13,91
- Cerâmica	5,43	0,00	0,02	0,17	5,61	0,02	1,63	0,00	0,35	0,01	0,00	0,23	0,00	0,28	0,00	0,00	2,52	8,13
- Outros	2,08	0,03	0,04	0,00	2,15	0,47	3,01	0,00	0,25	0,03	0,01	0,65	0,00	0,21	0,02	0,00	4,65	6,80

**Figura 5.4 EB e ENB de CO₂ por Setor em 1994**

5.5.1 Participação Relativa por Setor na Emissão Total

O setor que apresenta maior responsabilidade nas emissões totais de CO₂ (EB E ENB) é o industrial, que participou com 39% em 1994, seguido pelo de transportes que participou com 28%. O setor energético teve 13% de responsabilidade, seguido pelo residencial com 12%, o agropecuário com 6% e por último o setor comercial e público que participaram apenas com 2% das emissões; conforme os dados da **Figura 5.5**

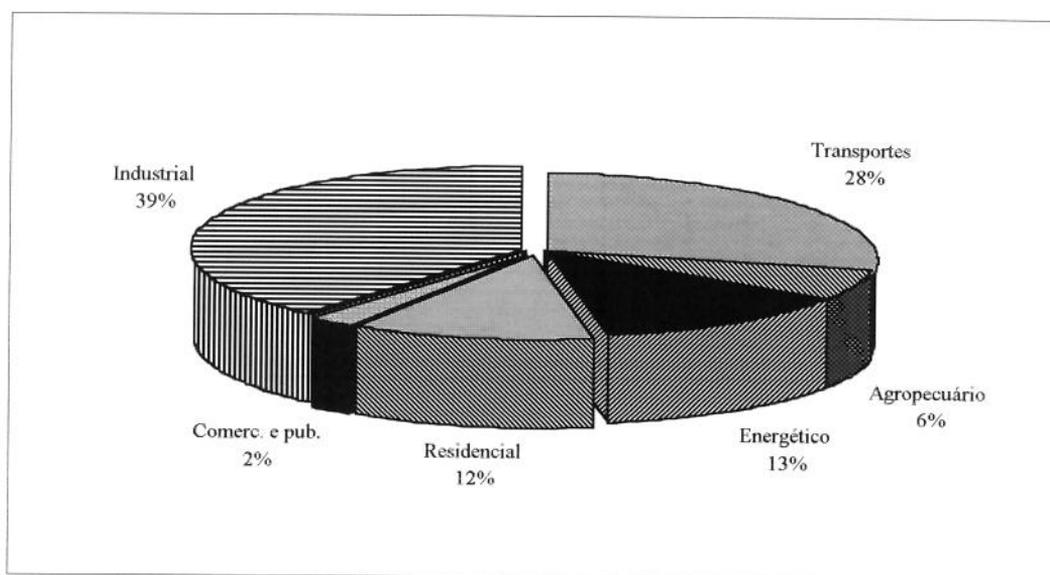


Figura 5.5 Participação por Setor na Emissão Total de CO₂ em 1994

5.5.2 Participação Relativa por Setor na EB

A **Figura 5.6** ilustra a participação dos diversos setores nas EBs, em 1994. O setor industrial é o maior responsável por esse tipo de emissões, participando com 53%, o que se explica por ser um setor intensivo no uso de bagaço de cana e de lenha. O setor energético participou com 22%, sendo as maiores emissões feitas pelo uso de bagaço de cana que, em 1994, participou com 52% das emissões.

A participação do setor residencial foi de 20%, dos quais 49% das emissões se deveram ao uso de lenha nesse setor e, 10%, ao uso de carvão vegetal. O setor agropecuário participa com 5% devido à queima de lenha com fins energéticos por esse setor.

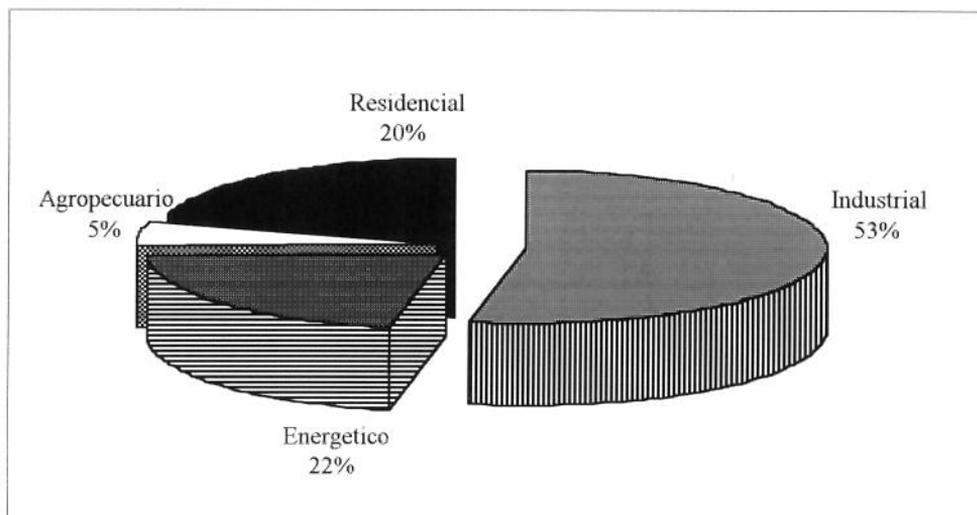


Figura 5.6 Participação por Setor nas EB de CO₂ em 1994

5.5.3 Participação Relativa por Setor na ENB

A **Figura 5.7** ilustra a participação dos diversos setores nas ENBs de CO₂. Aqui, o setor de transportes é o que apresenta maior responsabilidade pelas emissões desse tipo, participando com 46%. Isso é devido, sobretudo, ao fato de que esse setor, especificamente o sub-setor rodoviário, é intensivo no uso dos combustíveis derivados do petróleo, especialmente da gasolina e do óleo Diesel. Também, o uso do querosene pelo sub-setor aéreo é considerável.

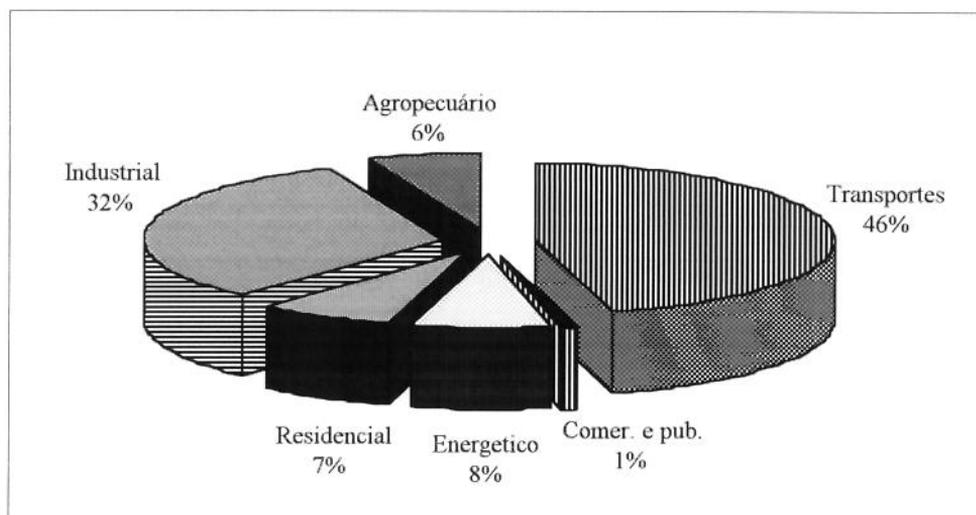


Figura 5.7 Participação Relativa dos Setores nas ENB de CO₂ em 1994

a) Setor Industrial

Em 1994, a participação desse setor nas emissões totais de CO₂ é de 40%. Como se pode verificar na **Figura 5.8**, dessa porcentagem de participação, o sub-setor ferro-gusa e aço é responsável por 13% das emissões, o sub-setor alimentos e bebidas por 10%, seguido pelo sub-setor papel e celulose que participa com 4% e o de química com 3%.

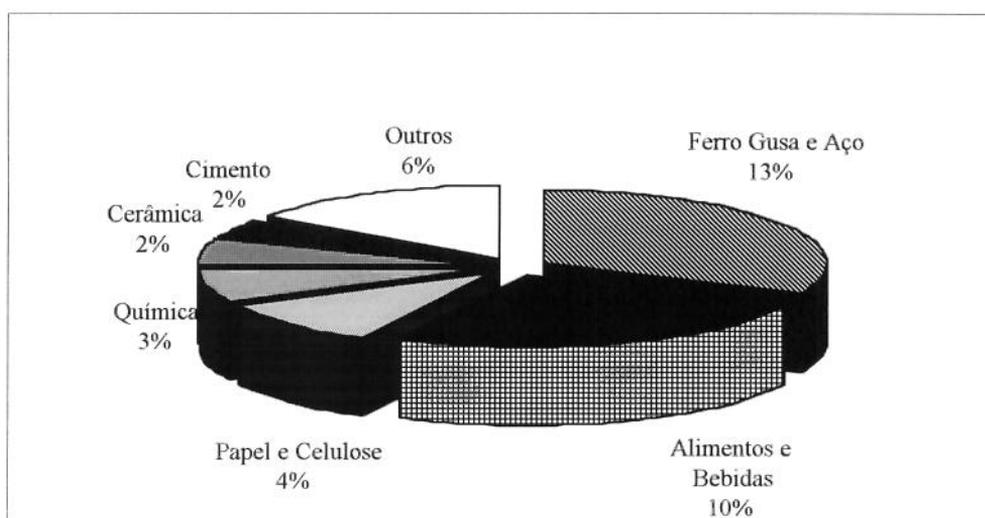


Figura 5.8 Participação do Setor Industrial na Emissão Total de CO₂

A **Figura 5.9** especifica a participação do setor industrial nas EB, o qual é relativamente intensivo no uso de biomassa, especialmente de bagaço de cana e lenha. De um total de 53% de participação desse setor nas EB, o sub-setor alimentos e bebidas participa com 24%, seguido pelo sub-setor cerâmica, que participa com 8%, o sub-setor ferro gusa e aço que participa com 6%, o sub-setor papel e celulose com 4% e os demais totalizam 11%. De todos esses sub-setores, o de alimentos e bebidas, é intensivo no uso de lenha e bagaço de cana. O sub-setor ferro-gusa e aço é intensivo no uso de carvão vegetal.

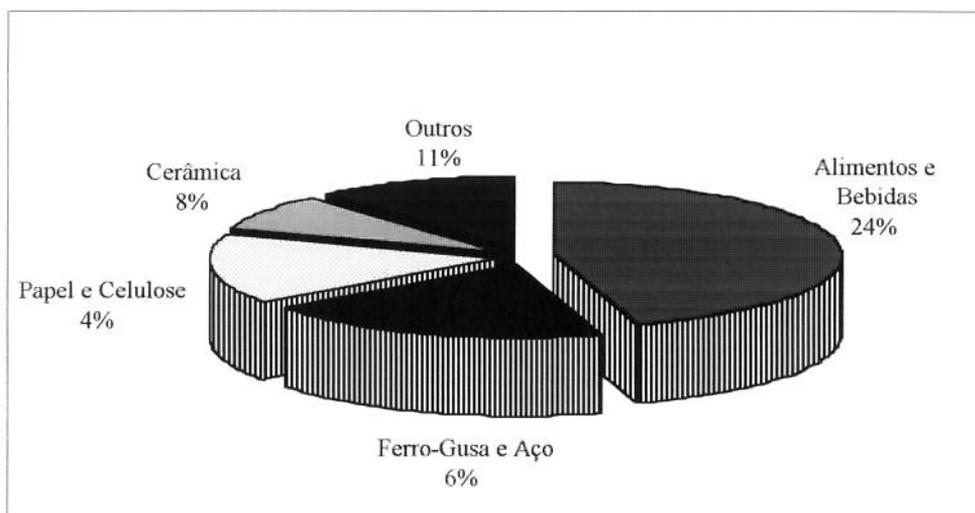


Figura 5.9 Participação do Setor Industrial na EB de CO₂ em 1994

A **Figura 5.10** mostra a participação do setor industrial nas ENB, em 1994. Nesse ano, a participação do setor nesse tipo de emissões é de 32%, dos quais 15% correspondem ao sub-setor ferro-gusa e aço, 4% ao sub-setor químico e 13% aos outros.

Em relação às emissões a partir de biomassa, este setor apresenta uma participação baixa nas ENB. Os combustíveis mais usados pelo setor, responsáveis por essas emissões são o óleo combustível, usados intensivamente pelos sub-setores química e cimento; o gás usado com mais intensidade pelo sub-setor ferro-gusa e aço; o gás natural usado pelos sub-setores ferro-gusa e aço e química; o coque de carvão mineral e alcatrão, usados intensivamente pelo sub-setor ferro-gusa e aço; o carvão vapor usado pelos sub-setores de cimento e química.

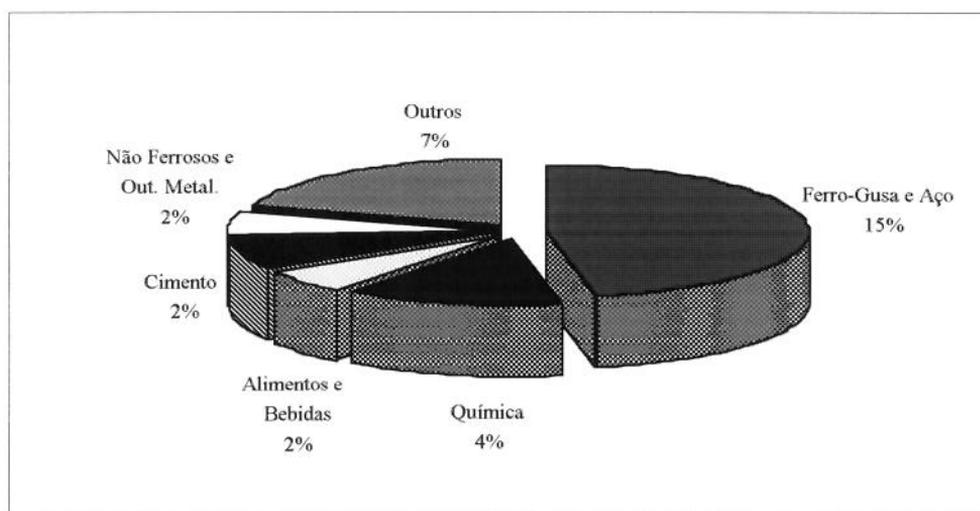


Figura 5.10 Participação do setor Industrial na ENB de CO₂ - 1994

b) Setor Transportes

O setor transportes é o maior culpado pelas ENB devido a seu caráter intensivo no uso dos combustíveis de origem fóssil. A **Figura 5.11** mostra a participação de cada sub-setor deste ramo. De um total de 46% de participação nas ENB deste setor, o sub-setor rodoviário é responsável por 40% das emissões, seguido pelo aéreo com 3%, o hidroviário com 2% e o ferroviário apenas com 1%.

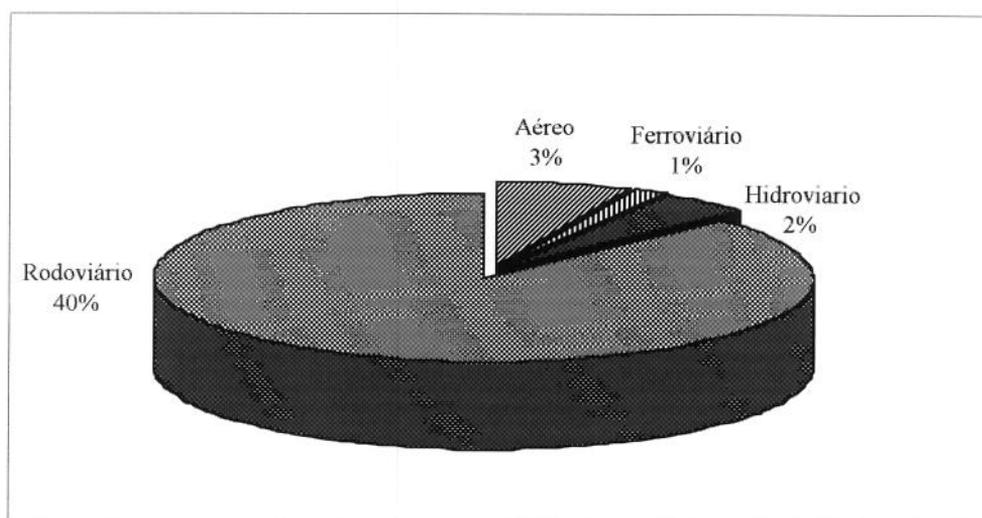


Figura 5.11 Participação do Setor Transportes na ENB de CO₂ em 1994

O sub-setor rodoviário é intensivo no uso de óleo Diesel e gasolina. O sub-setor aéreo é intensivo no uso de querosene. O sub-setor hidroviário é responsável por 2% das emissões devido ao uso de óleo combustível.

5.6 Medidas para Reduzir as Emissões de CO₂ no Brasil

A crescente preocupação mundial com as mudanças no clima, devido ao efeito estufa, se traduz na adoção de mecanismos, medidas e políticas com a finalidade de reduzir as emissões de GEE. Os dados que seguem vem comprovar tal fato e descrever

brevemente o que se tem feito, internacionalmente, com relação a projeções de emissões, às respectivas medidas e recomendações para reduzi-las.

Por causa dos efeitos e dos incentivos para os países reduzirem o CO₂, de maneira individual, é indispensável um acordo internacional para combater essas emissões. Para evitar mudanças sérias no clima, no próximo século, é preciso restringir severamente as emissões de CO₂ e outros gases. Comparado a outros gases, um acordo para combater as emissões de CO₂ é particularmente importante porque esse gás contribui com mais da metade na mudança radiativa total (**HOUGHTON et al, 1990**).

Um esboço histórico para uma convenção sobre as mudanças no clima foi assinado por cento e cinquenta e quatro países na Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento e Meio Ambiente (UNCED), ocorrida no Brasil em junho de 1992. O acordo compromete os países assinantes, a tomarem medidas para reduzir os efeitos negativos das mudanças do clima, mitigando suas causas e adaptando-se a seus efeitos antecipados (**SCHERAGA et al, 1993**).

De acordo com uma projeção realizada pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) no cenário tendencial denominado “business-as-usual”, o crescimento dos gases de efeito estufa (GEE) (sendo o principal o CO₂) pode resultar em um incremento da temperatura global média de 0,2°C a 0,5°C por década no próximo século.

Segundo o IPCC, reduzir a taxa do aquecimento a 0,1°C por década requereria uma redução em mais da metade das atuais emissões dos GEE (**HOELLER et al, 1991**). As atuais emissões de CO₂ na atmosfera são de 7 a 8 GtC/ano, das quais 3 a 4 GtC aparecem como construtores da atmosfera nos níveis de CO₂ (**WOODS & HALL, 1993**). Se não se adotar alguma medida, o IPCC estima que se poderia atingir 25 bilhões de toneladas no ano 2100 (**HOELLER & WALLIN, 1992**). No entanto, existem marcadas diferenças entre regiões; por exemplo, na China preve-se um crescimento mais rápido dessas emissões do que nos países da OECD, os quais contribuem com quase 50% das emissões. Além disso, essas emissões estão desigualmente distribuídas entre os países desenvolvidos e em desenvolvimento. Aos primeiros, corresponde 79% dessas emissões (**OECD, 1992**).

De acordo com a Conferência Mundial do Clima, em Toronto (1988), os países deveriam pretender a redução das emissões de CO₂ em 20% dos níveis de 1988 a 2005, e

em 50% a longo prazo (2050). A redução em 20% dos níveis de 1988 implica em redução de quase 40% no futuro (OCDE 1992). Postula-se que cada pessoa, no mundo, deveria ter uma parte no estoque dos direitos de emissão de CO₂.

A queima de combustível fóssil representa a maior causa das emissões anuais de CO₂, e a presença deste na atmosfera é o item que mais pesa na determinação dos efeitos dos gases provocadores do efeito estufa. Conseqüentemente são inevitáveis a adoção de políticas de diminuição desses gases para reduzir a demanda desses combustíveis.

No Capítulo 2, se discutem várias políticas para reduzir as emissões de CO₂. Como uma das medidas para reduzi-las no Brasil, ensaia-se a aplicação de instrumentos econômicos na forma de implantação de taxas sobre o consumo de combustível fóssil. Para o estudo determinou-se três montantes: US\$20, US\$30 e US\$50/tEP. Sugerem-se esses valores com base em referências internacionais. Por exemplo, atualmente a UE considera uma taxa “*carbon/energy*” sobre o consumo de energia entre US\$ 3/bEP e US\$ 7/bEP (OECD, 1994). Os cálculos das taxas sobre o consumo de energia para atingir reduções das emissões de CO₂ aos níveis de 1990, no ano 2020 atingem a US\$30 e 150/tonC (OECD, 1994). Isso tudo implica em grandes rendas provenientes dessas taxas e levanta a questão dos impactos da sua distribuição, matéria de discussão do Capítulo 6.

5.7 Projeção das Emissões de CO₂ para o Ano 2005

5.7.1 Metodologia

A metodologia adotada para esta etapa do trabalho possui os seguintes passos:

a) Cálculo do PIB, usando-se o modelo macro-econômico de crescimento a longo prazo, descrito no Capítulo 3. O cálculo é feito para quatro cenários de crescimento da economia: cenário de crescimento zero 0% a.a.; o cenário tendencial que considera um crescimento de 2% a.a.; o cenário de crescimento intermediário com um nível de 4% a.a.; e por último o cenário de crescimento alto que considera 5% a.a.;

b) Para cada um dos cenários anteriores se propõe uma política de redução de CO₂. Ela consiste na imposição de três taxas diferentes sobre o consumo de energia necessária

para a geração de uma unidade de PIB, sendo as taxas de US\$ 20/tEP, US\$ 30/tEP e US\$50/tEP para cada cenário;

c) Uso da relação emissão de CO₂ (provenientes do consumo de combustível necessário para atingir um certo nível de PIB) e o PIB em função do tempo.

Partindo dessa premissa, mostram-se a seguir as projeções das emissões de CO₂ a partir de 1995 a 2005, nos quatro cenários considerados.

As equações usadas para fazer as projeções respectivas para cada nível de crescimento e para os três tipos de taxas consideradas são as seguintes (em cada caso a equação expressa a relação das emissões com o PIB, em função do tempo):

Assim, para o primeiro cenário a equação considerada foi:

$$CO_2T_i/YC_4 = 0,0504103 - 2.451E-05. t$$

$$r^2 = 0,68 \quad DW = 1,52 \quad F = 14,82$$

Onde:

Ti = Taxa

YC₀ = PIB de crescimento zero (0% aa)

t = Ano

Os resultados são mostrados na **Tabela 5.5**. As tendências das projeções se observam na **Figura 5.12**. Portanto, se a economia estiver operando a um nível de crescimento de 0% e se for imposta uma taxa de US\$ 20/tEP no consumo de energia, os níveis de CO₂ no ano 2005 atingiriam 279,46 MtCO₂. Isso significa que haveria uma diminuição em 20%, com relação às emissões na ausência de uma política de redução, pois nesse caso, atingiriam 349,79 MtCO₂.

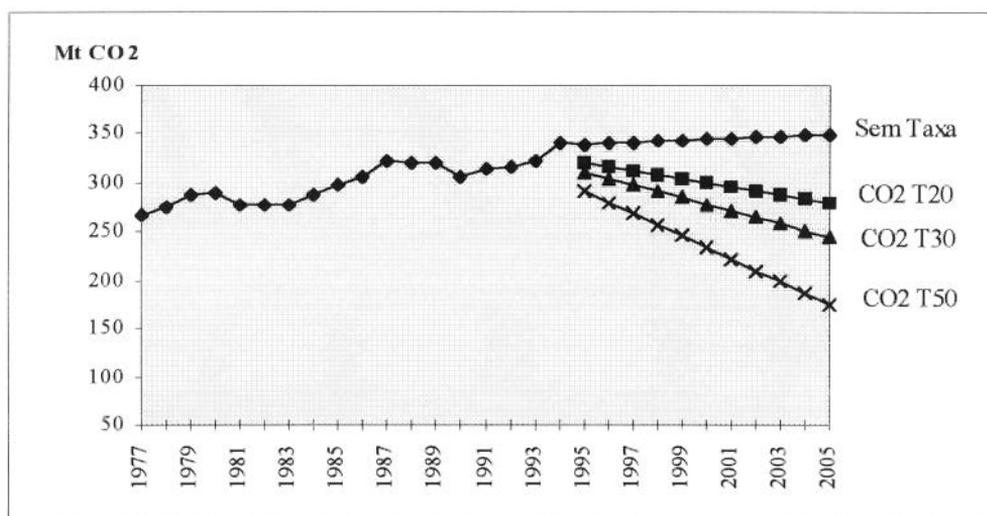
No mesmo cenário, se a taxa imposta for de US\$30/tEP, a queda das emissões em relação às que haveria na ausência de políticas é considerável, 30%. Neste caso, se estariam reduzindo as emissões aos níveis de 1978, fato que seria muito otimista, dadas as atuais condições da industrialização da economia brasileira.

Tabela 5.5: Emissão de CO₂ no cenário de crescimento zeroUnidade: Mt CO₂

ANO	CO ₂ Sem Taxa (1)	CO ₂ T20(2)	CO ₂ T30(3)	CO ₂ T50(4)
1977	267,61			
1980	289,57			
1983	277,66			
1986	305,38			
1989	321,16			
1992	316,54			
1993	323,18			
1994	339,80			
1995	337,91	319,43	310,01	291,21
1996	339,67	315,78	303,86	280,04
1997	340,91	312,01	297,57	268,72
1998	342,13	308,15	291,18	257,27
1999	343,30	304,21	284,69	245,69
2000	344,43	300,20	278,12	234,01
2001	345,54	296,15	271,49	222,24
2002	346,62	292,04	264,79	210,38
2003	347,69	287,88	258,04	198,44
2004	348,75	283,69	251,23	186,42
2005	349,79	279,46	244,37	174,33

(1) Crescimento das emissões de CO₂ na ausência de políticas de restrição.

(2) (3) e (4) Crescimento das emissões de CO₂ na presença de uma política de restrição: imposição de uma "eco-tax" de US\$ 20, US\$ 30 e US\$50/tEP, respectivamente, sobre o consumo de energia fóssil.

Figura 5.12 Projeção das Emissões de CO₂ no Cenário 1

Ainda no mesmo cenário, se a taxa imposta for de US\$50/tEP, as emissões no ano 2005 atingiriam só 174.33 MtCO₂, significando isso uma queda de 50% em relação às emissões de CO₂ na ausência de política de redução de CO₂. Isso seria um caso demasiado otimista e com impactos muito fortes na economia, como se verá mais adiante.

A equação gerada para o cenário 2 foi:

$$\text{CO}_2\text{T}_i/\text{YC}_5 = 0,0671255 - 3,291\text{E-}05. t$$

$$R^2 = 68 \quad \text{DW} = 1,54 \quad \text{F} = 15,09$$

A **Tabela 5.6** mostra os resultados para o cenário 2, no qual a economia cresce 2% a.a. e a **Figura 5.13** ilustra as tendências das projeções para cada caso. Portanto, se a taxa imposta for de US\$20/tEP, as emissões de CO₂ no ano 2005 teriam uma queda de 17,41% em relação às emissões na ausência de políticas. Se a taxa for de US\$ 30/tEP, essas emissões atingiriam 298,10 MtCO₂, significando uma queda de 26,10% em relação às emissões sem políticas de restrição. O caso mais otimista mostra que as emissões teriam uma grande queda (43.44%) sob a imposição de US\$ 50/tEP.

Tabela 5.6: Emissão de CO₂ no cenário de crescimento tendencial (2% aa)

Unidade: Mt CO₂

ANO	CO ₂ Sem Taxa	CO ₂ T20	CO ₂ T30	CO ₂ T50
1977	267,61			
1980	289,57			
1983	277,66			
1986	305,38			
1989	321,16			
1992	316,54			
1993	323,18			
1994	339,80			
1995	345,89	327,58	318,43	300,14
1996	351,87	328,59	316,95	293,70
1997	357,72	329,41	315,26	287,00
1998	363,49	330,10	313,42	280,09
1999	369,21	330,68	311,45	273,02
2000	374,89	331,19	309,37	265,80
2001	380,56	331,65	307,22	258,45
2002	386,24	332,06	305,01	251,00
2003	391,94	332,44	302,75	243,45
2004	397,66	332,80	300,44	235,84
2005	403,41	333,15	298,10	228,15

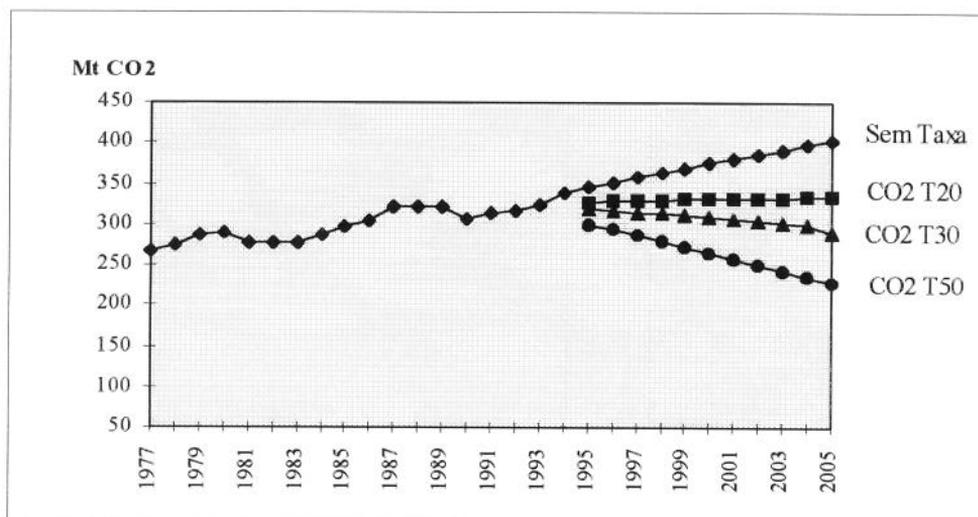


Figura 5.13 Projeção das Emissões de CO₂ no Cenário 2

A **Tabela 5.7** mostra os resultados, para o cenário 3, de crescimento intermediário da economia a uma taxa de 4% a.a. A equação usada para este cenário foi a seguinte:

$$\text{CO}_2\text{T}_i/\text{YC}_6 = 0,0014905 - 4,724\text{E-}08. t$$

$$r^2 = 69$$

$$\text{DW} = 1,41$$

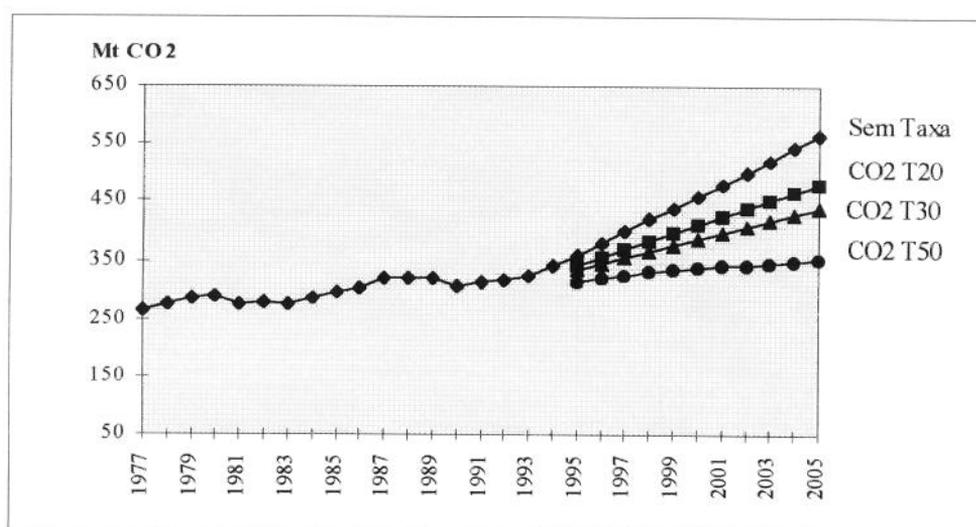
$$\text{F} = 16,01$$

As tendências do crescimento dessas emissões sob os três tipos de taxas são mostradas na **Figura 5.14**.

Se a economia estiver operando a uma taxa de crescimento de 4% a.a. e a taxa imposta para diminuir CO₂ for de US\$20, as emissões cairiam em 15,23% no ano de 2005 em relação ao crescimento desse gás na ausência de qualquer política. Se a taxa imposta for de US\$ 30, as emissões cairiam em 23% e, por último, se a taxa for de US\$ 50, as emissões cairiam ainda mais, 38%.

Tabela 5.7 : Emissão de CO₂ no cenário de crescimento intermediário (4% aa)Unidade: Mt CO₂

ANO	CO ₂ Sem Taxa	CO ₂ T20	CO ₂ T30	CO ₂ T50
1977	267,61			
1980	289,57			
1983	277,66			
1986	305,38			
1989	321,16			
1992	316,54			
1993	323,18			
1994	339,80			
1995	360,28	342,11	333,03	314,88
1996	380,23	356,46	344,59	320,86
1997	399,86	370,22	355,42	325,84
1998	419,38	383,62	365,76	330,07
1999	438,98	396,83	375,78	333,75
2000	458,80	410,01	385,66	337,01
2001	478,96	423,28	395,49	339,98
2002	499,58	436,74	405,37	342,74
2003	520,75	450,45	415,38	345,35
2004	542,53	464,51	425,58	347,88
2005	565,01	478,95	436,02	350,36

**Figura 5.14 Projeção das Emissões de CO₂ no Cenário 3**

Por último, quanto ao quarto cenário de crescimento alto, onde a economia cresce 5% a.a. e sob a imposição de três tipos de taxas as tendências das emissões de CO₂ se mostram na **Tabela 5.8** e na **Figura 5.15**. A equação usada para este cenário é:

$$\text{CO}_2\text{T}_i/\text{YC}_8 = 0,1230788 - 6,101\text{E-}05. t$$

$$r^2 = 70$$

$$\text{DW} = 1,61$$

$$F = 16,17$$

Portanto, se nesse cenário a taxa imposta for de US\$ 20, as emissões de CO₂ cairiam em 14,29%. Se a taxa imposta for de US\$30, as emissões diminuiriam em 21,42% e se a taxa for de US\$ 80, essas emissões baixariam para 36%.

Pode-se explicar o valor de R² pelo fato de que, após o choque do petróleo em 1973, mudou a correlação que existia até então entre o PIB e o consumo de energia. No entanto, os resultados obtidos no estudo não estão tão longe da realidade, dada a estrutura energética “modelo” do Brasil. Além disso, não estão sendo considerados os energéticos que têm participação majoritária nessa estrutura, como as fontes renováveis: hidreletricidade, álcool etílico etc.

Tabela 5.8. Emissão de CO₂ no cenário de crescimento alto (5% aa)....

Unidade: Mt CO₂

ANO	CO ₂ Sem Taxa	CO ₂ T20	CO ₂ T30	CO ₂ T50
1977	267,61			
1980	289,57			
1983	277,66			
1986	305,38			
1989	321,16			
1992	316,54			
1993	323,18			
1994	339,80			
1995	351,79	334,46	325,80	308,49
1996	363,57	341,46	330,42	308,36
1997	375,11	348,18	334,73	307,86
1998	386,44	354,18	338,78	307,07
1999	397,58	306,91	342,60	306,03
2000	408,53	366,97	346,22	304,79
2001	419,30	372,85	349,66	303,36
2002	429,88	378,55	352,93	301,79
2003	440,26	384,07	356,04	300,07
2004	450,43	389,42	358,98	298,22
2005	460,36	394,56	361,74	296,26

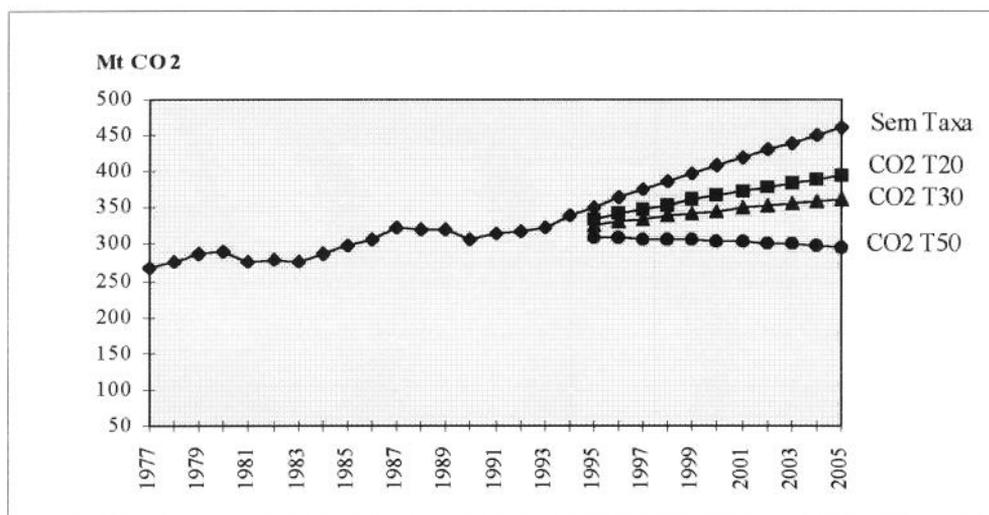


Figura 5.15 Projeção das Emissões de CO₂ no Cenário 4

Segundo a Conferência de Toronto em 1988, dever-se-iam reduzir as emissões de CO₂ aos níveis daquele ano. Partindo dessa premissa, a melhor taxa para atingir os níveis de emissão no Brasil que naquele ano atingiu a 321,13 MtonC, seria a aplicação de US\$ 50/tEP nos cenários 3 e 4. No cenário 3, onde a economia cresce a 4%, a imposição dessa taxa diminuiria as emissões de CO₂ em 128,60 MtonC e, no cenário 4, onde a economia cresce a 5%, estar-se-iam reduzindo as emissões de 460,36 MtonC a 296,26 MtonC, no ano 2005.

No cenário 2, onde a economia cresce a 2%, uma taxa de US\$ 20/tEP seria suficiente para diminuir as emissões aos níveis do ano de referência. No cenário 1, onde a economia não tem crescimento, a aplicação de qualquer das taxas estaria diminuindo as emissões de CO₂, a níveis inferiores àqueles de 1988.

No entanto, essas reduções substanciais nas emissões de CO₂ ocorridas graças à aplicação de qualquer que seja o montante dessas taxas, provocariam processos de *feedbacks* nas economias e, dependendo do grau do seu desenvolvimento, seriam favoráveis ou não. Este ponto se discute com maior amplitude no Capítulo 6.

6. Implementação de uma “*ECO-TAX*” no Brasil: Avaliação Macroeconômica

6.1 Introdução

Em comparação com o que ocorre em nível internacional, a discussão sobre instrumentos de política ambiental é incipiente no Brasil. Com base na atual Constituição, a política ambiental brasileira segue a orientação “*command and control, CAC*”. Isso pode ser constatado nas penalidades de reclusão prescritas nessa carta, para os “ecodelinqüentes”. Portanto, os instrumentos empregados são os de regulação direta. Observa-se que os instrumentos de política ambiental adotados pelo governo federal e outros que já possuam alguma iniciativa, na área privilegiam as políticas de CAC, prova disso é a imposição de padrões ambientais, o licenciamento de atividades poluidoras e o zoneamento. Isto confirma a argumentação de que os *policy-makers* preferem a regulação direta, devido à sua eficácia ecológica; trata-se de uma certeza de que, pela imposição legal aliada à fiscalização de seu cumprimento, as medidas anti poluição têm que ser tomadas.

Diferentemente da preferência mencionada acima, o que se pretende fazer neste Capítulo é ensaiar a aplicação de instrumentos econômicos como política ambiental no Brasil, especificamente a implantação de uma “*eco-tax*”, que teria como objetivo incentivar a redução das emissões de GEE. Portanto, o ponto de partida é a redução de uma determinada quantidade das emissões de CO₂ a ser obtida num ano determinado.

Em nível internacional, os impactos das estratégias ou políticas para reduzir as emissões de CO₂ devido à queima de combustíveis fósseis têm recebido particular atenção. A partir desse fato, vários estudos têm sido realizados para avaliar os impactos dessas

estratégias ou políticas. As emissões para os países industrializados confirmam a faixa do prejuízo de Nordhaus que é de 0,25 a 2% do PIB (FRANKHAUSER, 1993), embora eles tendam a passar esses limites. Segundo o mesmo autor, as estimações para os países em desenvolvimento são quase duas vezes maiores, o que confirma a previsão de que os países mais pobres sofrerão, ainda que sejam adotadas medidas de proteção.

Conforme foi discutido no Capítulo 5, as mudanças do clima esperadas pela concentração de CO₂ e outros gases na atmosfera constitui uma das grandes questões para levar melhoria das políticas energéticas realidade a que o Brasil não está indiferente. Considerando-se o caráter global do problema dos GEE, reduzir as emissões de CO₂ pode ser adequadamente visto como procedimento útil à manutenção de um bem público global.

Este Capítulo apresenta os resultados dos prováveis impactos macroeconômicos pela imposição de uma “*eco-tax*” a níveis suficientes para reduzir significativamente as emissões de CO₂ no Brasil, provocadas pela queima de combustíveis fósseis. Para tanto se faz um levantamento dos resultados de alguns modelos usados, a nível mundial, para efetuar essa avaliação sobre as “*eco-taxas*” requeridas para reduzir as emissões de CO₂, bem como dos custos econômicos embutidos neles.

6.2 Antecedentes Históricos

A União Européia (UE), a Organização Econômica de Cooperação e Desenvolvimento (OECD) e alguns outros países europeus têm assumido a estabilização das emissões para os anos após o 2000 a níveis de 1990. Portanto, tem-se proposto diversas medidas, entre elas a imposição de “*eco-taxas*”. Paralelamente com essas medidas, vêm sendo feitos vários estudos sobre a avaliação dessas taxas. Aqui se apresenta um resumo dos principais estudos e os resultados a que chegaram os autores para que se possa obter parâmetros comparativos.

A Comissão da UE tem proposto, recentemente, uma estratégia para atingir tal objetivo, a qual consta de três componentes principais:

a) Estabelecimento de uma série de medidas e demonstrações reguladoras voluntárias e de pesquisa. A questão principal dessas medidas é o desenvolvimento do uso racional de energia, a difusão de tecnologias de baixo conteúdo de carbono e a promoção de recursos energéticos renováveis;

b) Uma nova taxa combinada de carvão/energia a ser gradualmente enfrentada atingindo um nível de US\$ 10/bEP para o ano 2000;

c) Programas nacionais contendo essas medidas de redução de CO₂ que não exijam o envolvimento da Comunidade, mas que podem ser tomados independentemente em nível nacional ou até em nível regional.

Para **KOOPMAN et al (1993)**, esses três componentes são suficientes para que os objetivos de estabilização das emissões de CO₂ da Comunidade sejam atingidos favoravelmente. Embora esses componentes possam ser de acerto favorável para os países desenvolvidos, existe a possibilidade de que para países em desenvolvimento não o sejam, pois as empresas não se encontram em igualdade de condições econômicas, para introduzirem as mudanças necessárias ao cumprimento de exigências impostas indistintamente a todos os poluidores. Também, existe a possibilidade de que a instalação das tecnologias adequadas a um maior controle da poluição seja mais demorada do que nos países desenvolvidos.

O objetivo da imposição de uma “*eco-tax*” é internalizar os custos associados com a emissão de GEE, especificamente o CO₂, proveniente da queima de combustíveis. O raciocínio teórico para a operação da “*eco-tax*” é explorado por **PEARCE (1991)**. Segundo o autor, o efeito da “*eco-tax*” será incrementar os preços relativos dos combustíveis fósseis de acordo com o seu conteúdo de carbono. As expectativas deveriam resultar nas seguintes mudanças:

- Redução na demanda dos combustíveis com alto conteúdo de carbono;
- Substituição de combustíveis com alto conteúdo de carbono;
- Substituição entre combustíveis com e sem carbono;
- Substituição entre energia e outros fatores de produção
- Substituição entre produtos e processos mais e menos intensivos em carbono;

- Desenvolvimento na eficiência de uso de combustíveis no fornecimento de um serviço energético particular; e
- Desenvolvimento de novas tecnologias, produtos e processos menos intensivos em carbono.

No tocante ao primeiro item, essa redução seria feita mediante a imposição de taxas, pois elas resultariam na subida dos preços e na conseqüente queda da demanda, embora outros fatores também intervenham na redução da demanda.

Um exemplo da substituição de combustíveis de alto conteúdo de carbono seria por exemplo a substituição do carvão por gás natural, a da gasolina pelo álcool, no caso da substituição de combustíveis com e sem carbono. A substituição de energia e outros fatores de produção poderia se dar mediante o incremento da oferta de mão de obra. Entretanto, todas essas medidas teriam, não só um custo econômico, mas também, um custo social que poderia resultar em maiores danos que o econômico. Um exemplo seria a queda do poder aquisitivo do trabalhador o que geraria uma série de outros aspectos negativos para o bem-estar social.

Existem vários e detalhados estudos reportando aos resultados de diversos exercícios de modelação econômica dos efeitos das reduções de CO₂. **BOERO et al. (1993)**, divide os modelos econômicos da redução de CO₂ em duas amplas classes, enfatizando que cada uma contém características semelhantes às da outra. Portanto, existem modelos de equilíbrio geral (GE), concentrando-se em equilíbrios a longo prazo de alocação de recursos e preços relativos e, também os modelos macroeconômicos que enfocam ajustes e desequilíbrios a curto prazo.

A **Tabela 6.1**, fornece os resultados obtidos por **BOERO et al. (1993)** para os custos do PIB da redução das emissões por vários montantes. O modelo de Manne e Ritchels faz uma projeção de 1990 a 2100 e adverte sobre a queda de 3%, no PIB dos Estados Unidos, para o ano 2030 para reduzir as emissões de CO₂ em 20% dos níveis de 1990. Em nível mundial, prevê-se queda de 5% no PIB global, para reduzir as emissões globais de CO₂ em 75% abaixo do que seria na ausência de políticas, o qual ainda seria 16% acima dos níveis de 1990.

Tabela 6.1 Alguns modelos e os seus resultados dos impactos da taxação ambiental no PIB

MODELO	AUTOR	TIPO DE MODELO E CARACTERISTICAS	RESULTADOS E COMENTARIOS
CRIEPI'S	Yamahi, et al (Japão, 1993)	Sistema de projeção econômica de prazo médio	O custo nacional da redução de CO ₂ via taxação é alto. O nível de produção da economia japonesa tem uma queda de 5% no 2005
GLOBAL 2000	Manne & Richels (USA, 1991)	Modelo de crescimento econômico	Queda de 3% no PIB no ano 2030 e de 5% no 20100
IEA-ORAU	Edmonds & Reilly, (USA, 1983)	Modelo de equilíbrio parcial	Queda de 4% no PIB no 2050
	Edmonds&Barners (OECD, 1990)		Queda de 4% no PIB no 2025 e de 1,8% em nível mundial
GREEN	Burniaux et al (França, 1991)	Modelo computacional de equilíbrio geral do tipo de alocação de recursos	Queda de 0,7% no PIB europeu no ano 2020, 1,5 no PIB da China e de 1,8 no PIB do mundo
	Barker & Lewney (Inglaterra, 1991)		Negligenciável no Reino Unido
SEEM	Statics Norway	Modelo setorial de energia europeu	O controle das emissões de CO ₂ mediante as "eco-taxas" depende do comportamento do investimento no setor produtivo de energia térmica.

Fonte: Boero, G., Clarke & Winters, L., (1991) pp. 29.

BAKER et al. (1993), estimam que as emissões no Reino Unido poderiam se reduzir em 20% dos níveis de 1988, para o ano 2005, com efeitos negligenciáveis no PIB.

Estudos econométricos recentes sugerem que reduções significativas nas emissões de CO₂ serão muito caras (MANNE & RICHEL, 1991).

Os níveis das “*eco-taxas*” necessários para reduzir as emissões de carbono, conforme propostos em vários modelos, estão entre US\$100 e US\$400/tC (DEAN et al. 1991). Uma taxa de US\$250 é equivalente a US\$ 0,69/gl de petróleo ou US\$29/barril de petróleo. As taxas a esse nível poderiam levantar grandes somas de renda. Uma taxa global de US\$ 100/t poderia reunir na ordem de US\$ 500 bilhões/ano e como US\$ 130 bilhões só nos Estados Unidos.

BARKER et al. (1993), calcularam que a taxa de carbono proposta recentemente pela União Européia poderia atingir aproximadamente £ 11,5 bilhões no Reino Unido para o ano 2000, se a faixa da taxa estivesse entre US\$ 10/bEP ou US\$ 76/tC. Eles também estimam que isso reduziria as emissões de CO₂ em 8% comparados com os níveis de 1990.

Contudo, uma avaliação geral da experiência internacional frisa o contraste entre esses resultados e as suas vantagens teóricas, pelos economistas do *mainstream*.

6.3 Uso das Receitas das “*Eco-Taxas*”

Uma questão crítica refere-se ao possível tratamento ou destino a ser dado às receitas das taxas. Quanto ao uso das receitas, as opções são várias. EKINS (1994), por exemplo sugere que o governo poderia reter os ingressos e usá-los para reduzir as dívidas ou também poderiam ser recicladas dentro da economia com a finalidade de reduzir outras taxas. A primeira opção, como qualquer economia de choque deflacionário, poderia reduzir substancialmente o PIB.

No tocante à ultima opção, espera-se que os efeitos no PIB variem de acordo com quais taxas foram reduzidas, porque taxas diferentes têm efeitos distorcionários diferentes na economia

JORGENSON & WILCOXEN (1992), adotaram uma técnica comum de investir os ingressos em pagamentos do setor residencial, conquanto o uso dessas receitas para reduzir as distorções das taxas possa abaixar o custo líquido da “*eco-tax*” por meio da diminuição das ineficiências em qualquer lugar da economia.

A Comissão da Comunidade Européia, CCE, tem proposto que a taxa deveria ser uma receita neutral, caso em que as receitas são usadas para reduzir o nível dos impostos de renda. Alternativamente se as taxas fossem poupadas pelos governos na forma de reduções no déficit do setor público, mas isso poderia deprimir a economia, em curto período. Se as receitas fossem todas gastas pelo governo, por exemplo, em investimentos em energia não fóssil, então isso poderia implicar num grande programa de investimento, que poderia levar a uma rápida inflação e, conseqüentemente, a um desequilíbrio macroeconômico.

O propósito de geração de receitas por meio das “*eco-taxas*” resultaria, na prática, muito mais modesto do que o pretendido, não só porque há limites políticos a uma maior taxação dos agentes privados, como também por serem muito elevados os investimentos na área ambiental. Ressalta-se, também, que não existe consenso quanto à destinação exclusiva de tais receitas a projetos na área ambiental. Mesmo nos casos em que as taxas possam acarretar fundos importantes, há que se considerar que estes são transitórios, pois devem desaparecer gradualmente, à medida que os poluidores intensifiquem seus esforços antipoluição.

6.4 Possível Implementação de uma “*eco-tax*” no Brasil

A tomada de consciência da opinião pública quanto aos problemas ambientais tanto de ordem local quanto do global pode funcionar como pressão cada vez maior para o governo implementar medidas severas sobre o controle do MA. Isto leva à necessidade de se efetuar análises como a aqui proposta.

No Capítulo 2, foram descritos os instrumentos econômicos para o controle da poluição, entre os quais existem as chamadas taxas e tarifas, cujo objetivo é dar um preço a ser pago por poluir o MA, tentando-se assim internalizar as externalidades. Sendo o objetivo principal desta dissertação a avaliação dos impactos macroeconômicos da aplicação dessas taxas, neste Capítulo se apresentam os resultados quantitativos desses impactos no nível de crescimento econômico representado pelo PIB.

Muitos estudos (Mills et al, 1991; Manne & Richels 1993; Barker, et al. 1993; Walker et al. 1992), consideram as “*eco-taxas*” como políticas naturais de limitação dos GEE para assinalar a necessidade de abaixar essas emissões e para captar recursos para a implementação de medidas que possam atingir as reduções das emissões e possam criar fundos para pesquisa, desenvolvimento e demonstração (RD-D).

Sob essa premissa, o Brasil (com objetivos de alcançar o *status* de sétimo parque industriasl do mundo), assim como outros muitos países em desenvolvimento, vem mostrando uma tendência para aplicar essas taxas, pois o sistema econômico que ele possui precisa de consumo de energia para o seu funcionamento, gerando assim um círculo entre crescimento econômico, consumo de energia e emissões de CO₂.

Não obstante, trata-se de um tema extremamente polêmico, começando pela legitimidade dos argumentos levantados para a defesa da aplicação de tais taxas, como a relação inversa entre competitividade e rigor da política ambiental, o *dumping* ecológico praticado pelo país com baixos controles ambientais; e a conformação de “paraisos de poluição” (países com forte poder de atração de investimentos internacionais, dada a fraqueza da sua política ambiental).

Sendo a “*eco-tax*” um imposto indireto, com efeitos imediatos e diretos sobre o nível de preços, em termos macroeconômicos ele é um substituto direto para outras taxas. Portanto, se há um desvio gradual de outros impostos indiretos à “*eco-tax*”, para minimizar o efeito nos níveis gerais de preços, a inflação e os verdadeiros efeitos macroeconômicos da “*eco-tax*” são reduzidos ao mínimo.

Argumenta-se que uma “*eco-tax*” afeta direta e fortemente os bens e serviços que emitem CO₂ na sua produção. Para que essa taxa seja efetiva, **BARKER et al. (1993)** argumentam que algumas dessas indústrias energo-intensivas terão que ser excluídas. Isso limitará o impacto da taxa no consumo de energia e as emissões de CO₂. Mesmo assim, existem dois problemas adicionais. O primeiro é que as indústrias que não pagam a taxa desenvolverão sua posição de competitividade em relação às indústriass que pagam. Portanto, haverá uma mudança da demanda aos produtos das indústriass energo-intensivas (precisamente a reação que essa taxa deveria evitar), apesar da suposição de que essas indústriass ajustam seu consumo de combustível, como se eles fossem pagar a nova taxa. O outro problema é que as companhias que pagam a taxa tentarão ser reclassificadas como isentas por meio de reembolso tanto quanto seja possível, limitando o impacto.

A escolha da política ambiental adequada para o Brasil deveria ser decidida pelo poder governamental, considerando consultas feitas a técnicos e à sociedade civil. A partir das sugestões de economistas e do relato da experiência internacional com instrumentos econômicos, a imposição de taxas sobre as emissões de GEE pela queima de combustíveis pode vir a ser uma das medidas selecionadas. Portanto, neste estudo se ensaia uma aplicação de três tipos de taxas sobre o consumo de combustível (por toneladas equivalentes de petróleo), necessários para produzir uma unidade de PIB. Assim, seriam aplicadas US\$ 20, US\$30 ou US\$50/tEP em cada cenário do crescimento econômico descrito no Capítulo 3.

6.5 Impactos Macroeconômicos da Imposição das “Eco-Taxas”

O Capítulo 3 teve o propósito de conceituar o que seriam teoricamente impactos macroeconômicos. Contudo, vale a pena mencionar o argumento de **KOOPMAN et al. (1993)**. Segundo ele, geralmente existem três fatores chaves que determinam os impactos macroeconômicos:

a) *O tipo de uso das receitas das taxas.* *A priori* existem duas opções principais: as receitas podem ser usadas para melhorar o balanço do orçamento público ou para fazer ajustes em outras partes do orçamento, para manter invariável o balanço do orçamento. Este último poderia ser feito usando-se as receitas das taxas, tanto para o financiamento de gastos maiores (balanço do orçamento neutro) quanto para abaixar outras taxas (receita neutral).

Sem essa reciclagem das receitas dentro da economia, a introdução de uma taxa tenderia a aumentar o nível geral dos preços e abaixaria o crescimento econômico, pelo menos a curto prazo. Teoricamente, a longo prazo, o quadro poderia ser diferente já que o incremento da poupança nacional poderia levar a uma aceleração no investimento, e eventualmente a um incremento no PIB.

b) *A necessidade de ajustes que implicam o incremento de alguns custos.* Esses custos poderiam ser baixos se os mercados fossem flexíveis e se a taxa fosse imposta gradual e previsivelmente.

c) Além do benefício ambiental, a introdução de uma “*eco-tax*” poderia ter um impacto positivo no bem-estar econômico, se suas receitas fossem usadas para incrementar o potencial da estrutura de ajustes da economia e para reduzir as taxas que ocasionam distorções no processo econômico.

Enquanto a imposição dessas taxas para alguns países desenvolvidos pode significar benefícios ou efeitos positivos para o bem-estar econômico, para muitos países (especialmente aqueles ditos em desenvolvimento) ela pode significar o contrário. Portanto, é necessário fazer análises quantitativas para se ter uma idéia do potencial de prejuízos ou benefícios para a economia e para o bem-estar desses países. Por exemplo, alguns estudos na literatura têm concluído que as medidas para reduzir as emissões de GEE reduzirão o crescimento econômico (**CLARK&WINTERS, BOERO, 1993** **NORDHAUS, 1991**).

A característica desses estudos é que os efeitos no PIB são sempre negativos e que as reduções das emissões de GEE são sempre atingidas via altos níveis de “*eco-taxas*”. Outro traço que os caracteriza é que os montantes arrecadados das taxas seriam acumulados pelo governo ou seriam reciclados (investidos) como transferências do tipo *Lump Sum*.

Apesar dessas características comuns, um estudo feito por **BARKER et al. (1993)** para avaliar os efeitos macroeconômicos das “*eco-taxas*” reporta resultados favoráveis à economia britânica: 20,1 Mt de carbono são abatidos no ano de 2005 a um benefício de 0,17% no PIB.

EKINS (1994), considera que as condições mais importantes para atingir um efeito macroeconômico neutro da imposição de uma “*eco-tax*” são:

- a taxa deveria ser imposta gradualmente e com uma prioridade de antecipação de longo prazo;
- outras taxas deveriam ser reduzidas enquanto as “*eco-taxas*” são impostas para que o pacote fiscal total seja amplamente inflacionário e a renda neuto.

Embora o exposto seja verdade para países industrializados, a adaptação dos países não industrializados a tais medidas seria mais lenta. Por exemplo: será difícil que as indústrias no Brasil imponham custos extras, mediante altas taxas sobre o consumo de energia, primeiro por defender a sua posição de competitividade nacional e internacional, e segundo pela dificuldade de realocação de capital ou investimento a curto prazo. Além disso, uma “*eco-tax*” impactaria de forma negativa as exportações, pois a elevação dos preços dos bens exportados por causa da taxa tornaria os produtos não competitivos no mercado internacional.

Segundo **BARKER et al. (1993)**, o propósito de uma “*eco-tax*” é essencialmente mudar os preços relativos e não o nível dos preços gerais. Mais ainda; ela serve para mudar os preços relativos de uma posição que pode ser definida como sub-ótima do ponto de vista dos custos sociais da redução das emissões de CO₂. Sob essas circunstâncias, dever-se-ia esperar que, dada a aplicação das “*eco-taxas*”, a estrutura de produção e consumo da economia brasileira mude e reflita os novos preços relativos; que a demanda e a competitividade internacional dos produtos dos setores não intensivos em energia cresçam e diminuam a dos setores energo-intensivos.

6.5.1 Impactos Econômicos e Sociais no Brasil

Como foi descrito no Capítulo 3, a metodologia usada para atingir o objetivo do trabalho é a utilização do modelo de crescimento econômico de longo prazo **MCELP**. Os cenários considerados para medir os impactos das “*eco-taxas*” na economia são quatro:

Cenário 1: Crescimento econômico zero (0% aa) com a aplicação de taxas de US\$20, US\$30 e US\$50/tEP.

Cenário 2: Crescimento econômico tendencial (2% a.a.) com a aplicação de taxas de US\$20, US\$30 e US\$50/tEP.

Cenário 3: Crescimento econômico intermediário (4% a.a.) com a aplicação de taxas de US\$20, US\$30 e US\$50/tEP.

Cenário 4: Crescimento econômico alto (5% a.a.) com a aplicação de taxas de US\$20, US\$30 e US\$50/tEP.

Portanto, os impactos macroeconômicos de uma “*eco-tax*” como medida para reduzir as emissões de CO₂, estão resumidos nas **Tabelas 6.2, 6.3, 6.4, 6.5** e se ilustrados nas **Figuras 6.1, 6.2, 6.3 e 6.4**.

Os resultados (**Tabela 6.6**) proporcionam as seguintes conclusões:

- A estabilização e redução de CO₂ mediante a “*eco-tax*” tem sérios impactos na economia brasileira: no primeiro cenário, por exemplo, com a aplicação de US\$50/tEP, o crescimento médio em termos reais de 1995 a 2005 se reduz em 5%/ano e o PIB no ano 2005 decresce em US\$ 71938 milhões (1970), quase 53% abaixo do valor base. Quanto ao ano 1992, com a aplicação de US\$ 20/tEP, o crescimento do PIB decresce em 2%. Se a taxa aplicada fosse de US\$ 50/tEP, o crescimento médio em termos reais decresceria também em 2%, ou seja, em termos reais, o crescimento seria negativo.

Tabela 6.2 Tendência do Crescimento do PIB no cenário 1.

Unidade: (US\$ 10⁶)

P B I	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004	2005
PIBSTAX-C0 (1)	196703	198825	197092	197068	197067	197067	197067	197067
PIBT20-C0 (2)	196703	198825	183228	177494	171763	166034	160307	157444
PIBT30-C0 (3)	196703	198825	176314	167718	159128	150543	141962	137674
PIBT50-C0 (4)	193521	176852	162496	148187	133892	119610	105342	98213

(1) Crescimento do PIB na ausência da imposição da taxa no cenário de crescimento econômico zero (0%aa)

(2) Crescimento do PIB na presença da imposição de uma taxa de US\$20/tEP no mesmo cenário

(3) Crescimento do PIB na presença da imposição de uma taxa de US\$30/tEP no mesmo cenário

(4) Crescimento do PIB na presença da imposição de uma taxa de US\$50/tEP no mesmo cenário

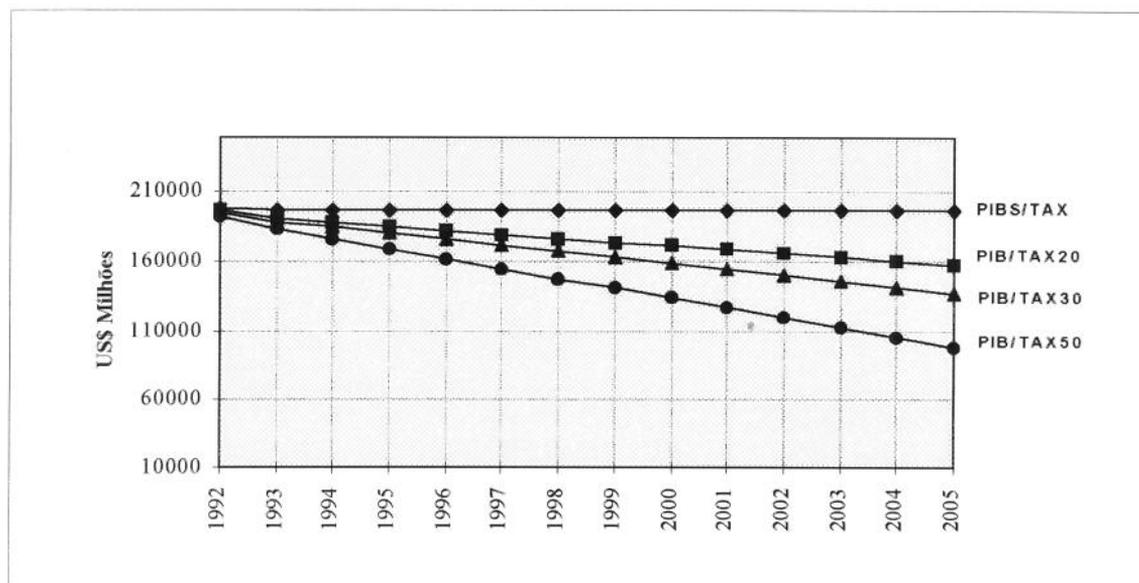


Figura 6.1 Comportamento do PIB no Cenário 1 ($\Delta C=0\%$)

Fazendo a análise para o cenário 2, o impacto da aplicação de uma taxa de US\$ 20/tEP resulta na queda de 2% do crescimento real médio do PIB. Se a taxa aplicada fosse US\$ 30/tEP, essa queda seria de 2%. Já no caso da aplicação de US\$ 50/tEP, o crescimento seria negativo (-2% a.a.).

Tabela 6.3 Tendência do Crescimento do PIB no cenário 2.

Unidade: (US\$ 10^6)

P B I	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004	2005
PIBSTAX-C2 (1)	205674	212102	220686	229644	238964	248661	258749	263945
PIBT20-C2 (2)	203551	203741	206081	208546	211110	213776	216549	217977
PIBT30-C2 (3)	202490	199562	198784	198008	197202	196363	195492	195043
PIBT50-C2 (4)	200368	191209	184201	176955	169424	161596	153460	149272

- (1) Crescimento do PIB na ausência da imposição da taxa no cenário de crescimento econômico tendencial (2%aa)
- (2) Crescimento do PIB na presença da imposição de uma taxa de US\$20/tEP no mesmo cenário
- (3) Crescimento do PIB na presença da imposição de uma taxa de US\$30/tEP no mesmo cenário
- (4) Crescimento do PIB na presença da imposição de uma taxa de US\$50/tEP no mesmo cenário

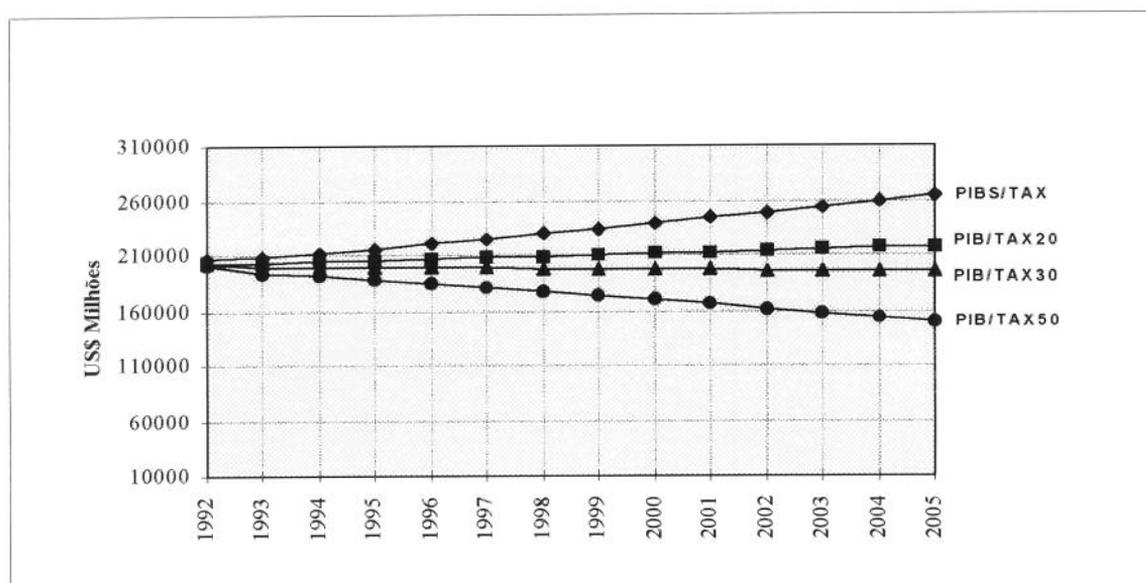


Figura 6.2 Comportamento do PIB no Cenário 2 ($\Delta C=2\%$)

No cenário 3, o comportamento é semelhante aos anteriores. Uma aplicação de US\$ 20/tEP reduziria o crescimento médio real da economia em 1%. Uma aplicação de US\$ 30/tEP também resulta na queda desse crescimento em 2%. Se a taxa fosse US\$ 50/tEP, não haveria crescimento, conforme mostra a **Tabela 6.4**

Tabela 6.4 Tendência do Crescimento do PIB no cenário 3.

Unidade: (US\$ 10^6)

P B I	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004	2005
PIBSTAX-C4 (1)	212523	227829	246476	266673	288520	312150	337707	351257
PIBT20-C4 (2)	210399	219202	231069	243933	257842	272881	289140	297758
PIBT30-C4 (3)	209337	214890	223372	232576	242526	253281	264908	271069
PIBT50-C4 (4)	207214	206272	207989	209886	211936	214151	216544	217812

- (1) Crescimento do PIB na ausência da imposição da taxa no cenário de crescimento econômico intermediário(4%aa)
- (2) Crescimento do PIB na presença da imposição de uma taxa de US\$20/tEP no mesmo cenário
- (3) Crescimento do PIB na presença da imposição de uma taxa de US\$30/tEP no mesmo cenário
- (4) Crescimento do PIB na presença da imposição de uma taxa de US\$50/tEP no mesmo cenário

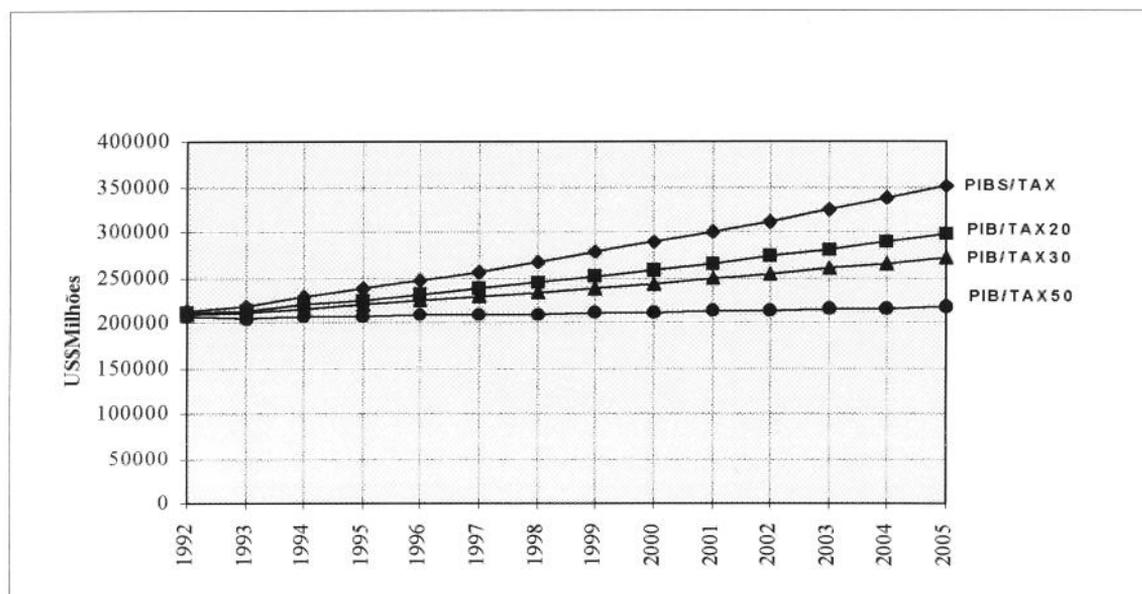


Figura 6.3 Comportamento do PIB no Cenário 3 ($\Delta C=4\%$)

No cenário 4, cujo crescimento da economia seria de 5%, uma aplicação de US\$ 50/tEP, resultaria numa queda de 3% do crescimento médio real anual. Os outros casos são semelhantes ao cenário 3.

Tabela 6.5 Tendência do Crescimento do PIB no cenário 4.

Unidade: (US\$ 10^6)

P B I	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004	2005
PIBSTAX-C8 (1)	215948	235967	260230	287011	316538	349091	384981	404282
PIBT20-C8 (2)	213823	227205	244408	263403	284337	307408	332834	346503
PIBT30-C8 (3)	212761	222826	236504	251612	268260	286604	306816	317682
PIBT50-C8 (4)	210638	214073	220708	228058	236154	245071	254892	260170

(1) Crescimento do PIB na ausência da imposição da taxa no cenário de crescimento econômico alto (5%aa)

(2) Crescimento do PIB na presença da imposição de uma taxa de US\$20/tEP no mesmo cenário

(3) Crescimento do PIB na presença da imposição de uma taxa de US\$30/tEP no mesmo cenário

(4) Crescimento do PIB na presença da imposição de uma taxa de US\$50/tEP no mesmo cenário

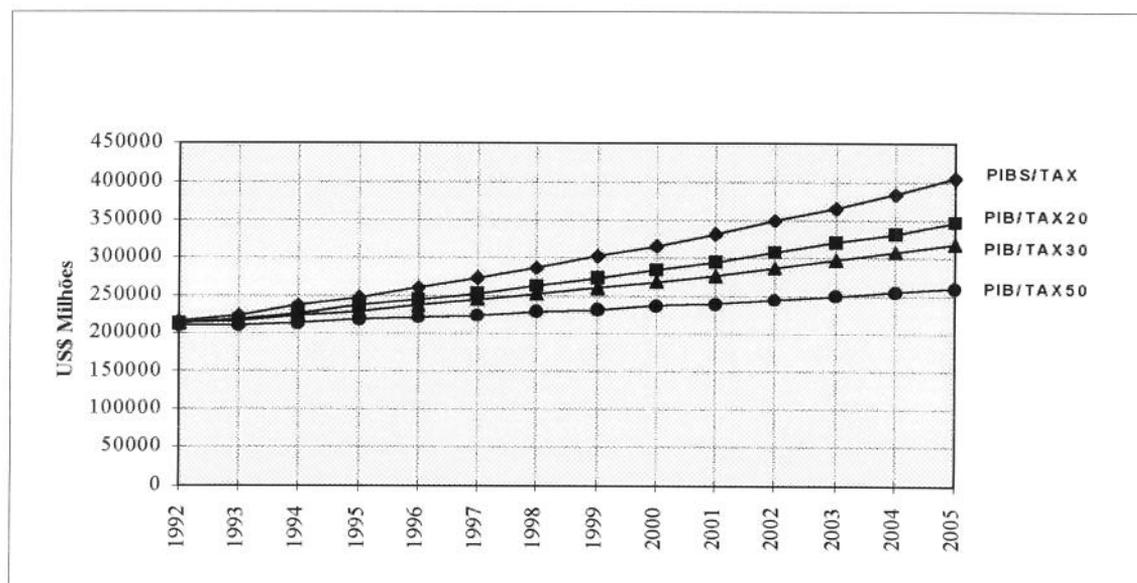


Figura 6.4 Comportamento do PIB no Cenário 4 ($\Delta C=5\%$)

Portanto, os custos específicos das reduções de CO_2 associadas com as “*eco-taxas*” no Brasil são altas nos quatro cenários mostrados, conforme a **Tabela 6.6**

Tabela 6.6 Impactos das reduções nas emissões de CO_2 mediante a imposição da “*eco-tax*”.

Cenários	Redução nas Emissões de CO_2 (%)			Impactos no PIB: Redução das taxas de crescimento. (%)		
	“ <i>ECO-TAX</i> ” (US\$/tEP)					
	20	30	50	20	30	50
1. $\Delta C=0\%$	20	30	50	-2	-3	-5
2. $\Delta C=2\%$	17,4	26	43	0	1	-2
3. $\Delta C=4\%$	15,2	23	38	3	2	0
4. $\Delta C=5\%$	14,3	21	36	4	3	2

Os defensores das “*eco-taxas*” apontam uma série de vantagens destas. Uma delas é que os poluidores são incentivados a reduzir os níveis de poluição para além de um padrão fixado como norma, pelo menos teoricamente, enquanto o gasto adicional com redução da poluição não exceder o gasto com as taxas, serão estimulados a adotar meios mais “limpos”. No entanto, na prática essa vantagem é difícil de ser conferida, pois quase

todas as taxas são adotadas complementarmente às regulações diretas (descritas no Capítulo 2), sendo difícil se não impossível separar os efeitos uma da outra. Por outro lado, como o nível fixado para as taxas é genericamente muito baixo, é evidente que os agentes prefeririam pagá-las e continuar poluindo até o limite permitido pelo padrão, quando este for imposto. Também existem resistências políticas para uma elevação suficiente das taxas a ponto de exercerem pouco incentivo à adoção de medidas anti-poluição.

Por outro lado, argumenta-se que as taxas apresentam elevada eficiência administrativa (baixos custos), uma vez que dispensam um tratamento individualizado dos casos de degradação ambiental. Se os níveis das taxas forem muito altos, os agentes econômicos não o aceitarão passivamente, demandando justificativas. A pesquisa da OCDE revela que, mesmo as taxas sendo fixadas a níveis baixos, como normalmente são em seus países membros, há uma tendência dos agentes a, cada vez mais, exigir maiores detalhamentos para sua implementação.

6.5.2 Efeitos Indiretos

Os efeitos indiretos da imposição de uma “*eco-tax*” no Brasil teriam possíveis ganhos. Por exemplo, se a economia possuir recursos desempregados, os gastos das receitas das “*eco-taxas*” poderão incrementar o PIB e movimentar a economia ao pleno emprego. Esse é critério adotado por **BARKER et al. (1993)**. Para os autores citados, se se admitir que a economia está em equilíbrio estático em pleno emprego, então os efeitos de uma mudança nos preços relativos são mais problemáticos. Se se assumir que o nível pre-existente dos preços relativos é ótimo, então por definição qualquer mudança se movimentará longe do ótimo sendo, portanto, de alto custo.

No entanto, os preços relativos existentes não são necessariamente ótimos; por exemplo, em muitos países, como o Brasil, existem taxas (ou impostos) sobre trabalho ou sobre outros bens e serviços que incrementam os preços acima de qualquer ótimo.

Apesar de existirem muitas diferenças nos modelos, portanto nos seus resultados, existem benefícios sociais gerais. Como por exemplo as reduções em outros custos externos associados com as emissões de CO₂: a melhoria da qualidade de ar urbano, a diminuição do barulho, a eliminação da sujeira atmosférica e queda dos níveis da chuva ácida.

Por outro lado, a reciclagem das receitas permitiria a redução das distorções de outros impostos indiretos e também amenizaria os piores efeitos da distribuição do ingresso. Finalmente, a longo prazo, o maior benefício seria reduzir as probabilidades do aquecimento global.

EKINS (1994), analisa os possíveis ganhos com a imposição das taxas, do ponto de vista do emprego. Segundo ele, se a mão-de-obra chega a ser relativamente mais barata que a energia devido à taxa, então o emprego poderia aumentar já que o fator de produção energia estaria sendo substituído pelo fator mão-de-obra “barata”, uma consideração importante para um país como o Brasil, onde os níveis de desemprego são altos. No entanto, essa aparente vantagem se sustenta só nos índices das taxas de emprego mas não nas condições de vida e outros confortos dos trabalhadores aspecto negligenciado pelo autor.

Outro aspecto considerado pelo autor é a área do investimento: os contínuos montantes arrecadados pelas “*eco-taxas*” chamariam a atenção para os custos de energia, fato que aceleraria a implementação das tecnologias de energia resultando em ganhos líquidos para a economia. Isso ainda desenvolveria oportunidades de investimento no futuro quanto à eficiência de energia e a tecnologias que não precisam de energia com conteúdo de carbono, levando à inovação (novos produtos e indústrias), ao aumento da competitividade e portanto a um potencial novo de exportação.

No entanto, do ponto de vista social a análise é diferente se se consideram os setores de baixa renda. Assim, seriam maiores os efeitos repressivos sobre o consumo devido às taxas que provocam queda na a renda familiar pelos aumentos nos preços dos bens e serviços, se comparados com os efeitos existentes na ausência das taxas.

A deficiência dos mercados, políticas e instituições, e a inexistência de recursos para tratar os problemas do MA são agravados pelas altas taxas de crescimento demográfico, a pobreza extrema nas áreas rurais e urbanas e pelo fato da produção total e as exportações dependerem de recursos naturais esgotáveis. As conseqüências mais graves

desse estado caótico se manifestam nas perdas de capital humano e nas perdas de produção.

De outro lado, o comércio exterior se veria prejudicado pois as exportações, que acarretam o esgotamento de recursos naturais não renováveis e mal administrados como florestas e pesqueiros, podem comprometer seriamente a futura base exportadora de um país, obrigando-o a importar produtos primários. Do ponto de vista fiscal, as receitas podem cair muito se as exportações de produtos primários diminuírem por causa da erosão do solo e da deterioração ambiental. Esta, juntamente com o esgotamento dos recursos naturais, podem afetar a economia no sentido de fazer diminuir a produção e comprometer as taxas de crescimento. Evidencia-se também a perda de produtividade da mão-de-obra por motivo de doenças pulmonares e infecções das vias respiratórias devido à poluição do ar e da água.

O reconhecimento do impacto global de alguns problemas ambientais e do fato de que muitas regiões, hoje subdesenvolvidas, constituem uma reserva vital ao planeta têm colocado na agenda política internacional os temas referentes à regulamentação da contaminação e da preservação desses recursos biológicos estratégicos à humanidade (Amazônia, Antártida, florestas tropicais, águas, solos etc.).

Tanto a compreensão dos riscos futuros quanto as possibilidades técnico-científicas de soluções e redução dos problemas estão ao alcance da humanidade. No entanto, os aspectos políticos têm sido, até o presente, mais fortes que tudo. Resta ainda à humanidade a busca de maiores esforços com vista à permanência dos seus objetivos de sobrevivência.

6.6 Considerações Finais

Conhecidas as avaliações gerais da política ambiental brasileira feitas por pesquisadores da área, é interessante deslocar a atenção para suas propostas de política, ou seja, conhecer suas sugestões quanto aos instrumentos que devem ser privilegiados. São realizados vários diagnósticos sobre a situação ambiental do país, sobre os rumos gerais da política, destacando-se os papéis dos vários agentes sociais no enfrentamento dos problemas ambientais, bem como são lançadas muitas propostas de política, mas o que se

observa é que não se analisam, com maior profundidade, as amplas e complexas conseqüências da opção por um tipo de instrumento ou outro.

No Brasil, são raras as sugestões de propostas de políticas baseadas em instrumentos econômicos. Normalmente, em meio a um conjunto bastante amplo de propostas na linha de regulação direta, aparece alguma menção nesse sentido. Assim ocorre no documento da ABEMA e também nas propostas de política do município de São Paulo. No primeiro, está incluído de forma muito genérica em “medidas econômicas”: “instituir e aplicar o PPP, subordinando-o a um programa de ação que contemple incentivos, normas técnicas específicas e metas de redução das cargas poluidoras (ABEMA et al. 1992).

Entre os poucos estudos em nível nacional sobre a política ambiental brasileira, são os do autor brasileiro **SERÔA DA MOTTA** os que mais têm na importância da utilização de instrumentos econômicos. Ele considera que esses instrumentos superariam as duas graves deficiências hoje existentes, a saber: escassez de recursos financeiros e humanos, e fraca integração inter e intra-governamental. De igual forma, o autor considera que os instrumentos econômicos melhorariam o desempenho da gestão ambiental, tendo em vista as suas vantagens tais como a geração de receitas, os baixos custos administrativos e o incentivo à introdução de novas tecnologias “limpas”.

SERÔA DA MOTTA (1991), sugere uma série de instrumentos econômicos para a política ambiental brasileira, alguns dos quais são descritos na **Tabela 6.6**. Sua proposta é que sejam implementados complementarmente aos instrumentos de regulação direta, ou melhor, aos padrões de poluição definidos por lei:

“Assim, decorre que os organismos serão estabelecidos para que o mercado funcione de forma a não ultrapassar esses limites, ao invés de, através da equivalência de custos marginais, estabelecer o ponto ótimo destes níveis” (**SERÔA DA MOTTA, 1992**).

Tabela 6.7. Aplicações de Mecanismos de Mercado a Problemas Ambientais Urbano-Industriais(*)

	Mecanismos		Dificultadas de aplicação (Probabilidades)	Questões Pertinentes (Probabilidades)		Descrição (**)
	TAXAS	TARIFAS		Capacidade de arrecadação	Superposição Fiscal	
Transporte Urbano						
Congestão		X	Alta	Alta	Baixa	1
Ruído	X		Baixa	Alta	Alta	2
Emissão	X		Baixa	Alta	Alta	3
Saneamento						
Água		X	Baixa	Alta	Baixa	4
Esgoto		X	Baixa	Baixa	Alta	5
Indústrias						
Descargas Hídricas	X	Evoluindo para	Baixa	Baixa	Alta	6
Descargas aéreas	X	Evoluindo para	Baixa	Baixa	Baixa	7

(*) A matriz anterior descreve e classifica as possibilidades de aplicação e ampliação do uso no Brasil de taxas e tarifas para alguns tipos de problemas ambientais. Indica também o grau de dificuldade de formulação e implementação destes mecanismos e a limitação da capacidade de arrecadação decorrente do seu uso.

(**) A descrição dos números 1 a 7 é a seguinte:

1. Cobrar tarifa de motoristas que estejam circulando em áreas com trânsito congestionado em certos períodos do dia, o que poderia ser feito via selos ou licenças.
2. Elevar a incidência de taxas de veículos de acordo com o seu volume de emissão, tanto ao nível da produção quanto para efeito de aquisição ou licenciamento.
3. O mesmo proposto para emissão no que tange a ruídos.
4. Reestimar as tarifas para refletirem os custos marginais de longo prazo na expansão do sistema.
5. Cobrar tarifas de acordo com a carga poluidora.
6. A cobrança de taxas para a indústrias seria justificável nos casos em que, por inexistência do sistema de esgotamento, não pode ser utilizada tarifa; recomenda-se também a criação de agências autônomas de controle de recurso hídrico e o uso de certificados.
7. Taxar emissões de acordo com os tipos de poluentes; recomenda-se também o uso de certificados para regiões delimitadas.

Fonte: SERÔA DA MOTTA (1991:599), reprodução parcial.

As modificações na política de MA nacional através da incorporação de instrumentos econômicos exigem uma melhor capacitação dos órgãos ambientais, isto é, a

curto prazo, maiores recursos. Portanto, é de se notar a preferência do autor pelos instrumentos econômicos.

Outro autor (**GUIMARÃES, 1992**), que faz uma ampla discussão dos problemas ambientais brasileiros, lançando propostas voltadas ao desenvolvimento sustentável no tocante aos instrumentos de controle ambiental, faz as seguintes sugestões:

“Especificamente na área ambiental, torna-se necessário redefinir os esquemas de aplicação de penalidades sobre agressões ao meio ambiente, para que as receitas daí resultantes possam ser utilizadas pelos próprios organismos ambientais. Para ampliar essas receitas seria importante a utilização de mecanismos de mercado, tais como taxas e tarifas que incorporem nos custos privados os custos de preservação ambiental, por meio de mecanismos que possam assumir a forma de PPP. Entre outros mecanismos de mercado que merecem um fortalecimento podem ser citadas as “bolsas de resíduos”, nas quais indústrias de uma determinada área transacionam os efluentes de suas atividades, que muitas vezes se convertem em insumos para outras indústrias, e os direitos de contaminação”

A preocupação central de **GUIMARÃES** é com a restrição fiscal do orçamento público brasileiro que impõe limitações à ação regulatória na área ambiental. À diferença de **SERÔA DA MOTTA**, o autor não especifica se as taxas e tarifas seriam empregadas conjuntamente ao estabelecimento de padrões legais. O autor em menção considera particularmente interessante os “direitos de contaminação”, cuja comercialização entre os agentes poluidores incentiva a modernização tecnológica e deixa de penalizar as indústrias que não têm condições de reduzir, a curto prazo, seus níveis de emissão de poluentes.

7. Conclusões e Sugestões

7.1 Conclusões

O tema desta Dissertação teve início com a constatação de um fato que poderá acontecer no futuro, se forem observadas as tendências internacionais. Trata-se da suposta implantação de uma “*eco-tax*”, com a finalidade de reduzir as emissões de CO₂ originadas pela queima de combustíveis fósseis.

Constatou-se, mais uma vez, que qualquer medida adotada para o controle do MA tem impactos na macroeconomia de um país. Dependendo do tipo de política proposta (por exemplo, a imposição de uma “*eco-tax*”), esses impactos podem levar a perdas (que foi o resultado para o caso brasileiro) ou ganhos na economia como um todo ou em certos setores. A avaliação dos resultados dessas medidas deve ser feita para que os “*policy-makers*” possam ser informados e considerem essas avaliações nas suas políticas.

O estudo partiu de uma hipótese: a imposição de uma “*eco-tax*” no Brasil ao consumo de combustível fóssil geraria duas questões. A primeira é que o incremento geral dos preços levaria a economia a um desequilíbrio tal que seu crescimento, expresso pelo PIB em preços constantes, diminuiria. Esse incremento nos preços gerais seria provocado pelo aumento dos preços dos combustíveis devido à “*eco-tax*”. Esse fato, por sua vez, teria um efeito positivo no que diz respeito ao consumo desse grupo de energéticos: implementar-se-iam medidas de conservação de energia e de substituição de combustíveis com alto conteúdo de carbono por outros com menor, o que levaria a reduzir as emissões de CO₂. A segunda questão é que a imposição de uma “*eco-tax*” geraria uma renda, que (apesar do controvertido tema do seu destino) estaria encaminhada, inicialmente, a financiar pesquisas sobre desenvolvimento e demonstração PD-D e a longo prazo se

reciclaria dentro da economia para substituir outros impostos ou para investir em “tecnologia limpa”.

Essa hipótese foi confirmada na primeira parte, pois se demonstrou que a adoção da implantação da “*eco-tax*” sobre o consumo de energia com vistas a reduzir as emissões de CO₂ compromete de forma significativa o crescimento econômico do país. Assim, a taxação como política ambiental, é um importante mecanismo, para a redução de GEE e é atualmente adotado por vários países desenvolvidos. No entanto, pode acarretar sérias distorções na economia, tais como favorecimento de determinados setores em detrimento de outros; a não ser que sejam consideradas medidas complementares, no sentido de corrigir tais distorções. Em nível macroeconômico, o crescimento do PIB estaria seriamente comprometido, se tais medidas fossem adotadas no Brasil. Os resultados do **MCELP**, elaborado para o caso brasileiro permitem inferir as seguintes conclusões, para o ano 2005:

No **primeiro cenário**, onde não há crescimento econômico, a imposição de US\$ 20, diminuiria em 20% as emissões de CO₂ e a economia estaria experimentando um crescimento negativo de 2%. A imposição de US\$ 30, reduziria em 30% as emissões de CO₂ com o conseqüente crescimento negativo da economia de 3%. O caso mais grave nesse cenário seria a aplicação de US\$ 50/tEP, pois embora as emissões se reduzam em 50%, a economia teria uma crescimento negativo de 5%, caso extremamente negativista e difícil de acontecer, dadas as condições potenciais de crescimento do país.

No **segundo cenário**, onde a economia cresce 2% a.a, a imposição de US\$ 20, diminuiria em 17,4% as emissões de CO₂ e o crescimento da economia estaria experimentando uma queda de 2%. A imposição de US\$ 30, reduziria em 26% as emissões de CO₂ com a conseqüente queda de 1% no crescimento econômico. A aplicação de US\$ 50/tEP, reduziria em 43% as emissões de CO₂ e a economia teria uma queda no crescimento 2%, quer dizer, não haveria crescimento econômico.

No **terceiro cenário**, onde a economia cresce 4% a.a, a imposição de US\$ 20, diminuiria em 15,2% as emissões de CO₂ e o crescimento da economia estaria experimentando uma queda de 1%. A imposição de US\$ 30, reduziria em 23% as emissões de CO₂ com a conseqüente queda de 2% no crescimento econômico. A

aplicação de US\$ 50/tEP, reduziria em 38% as emissões de CO₂ e a economia teria uma queda no crescimento 4%.

No **quarto cenário**, onde a economia cresce 5% a.a, a imposição de US\$ 20, diminuiria em 14,3% as emissões de CO₂ e o crescimento da economia estaria experimentando uma queda de 1%. A imposição de US\$ 30, reduziria em 21% as emissões de CO₂ com a conseqüente queda de 2% no crescimento econômico. A aplicação de US\$ 50/tEP, reduziria em 36% as emissões de CO₂ e a economia teria uma queda no crescimento 3%.

Quanto à segunda hipótese, o destino das arrecadações ainda estaria indeterminado dada a incerteza do país quanto à preferência de aplicação do *mix* por políticas ambientais existentes no âmbito internacional. Neste estudo se deu preferência aos instrumentos econômicos frente às medidas de ordem regularias, das quais o Brasil faz uso atualmente, apesar das deficiências de recursos financeiros e humanos para o exercício dessa regulação na área ambiental. Portanto, as preferências tendem aos instrumentos econômicos mediante a orientação de propostas de uso combinado de taxas e tarifas coletivamente acordadas sobre emissões de carbono e outros gases.

Embora a segunda hipótese não tenha sido confirmada para o caso brasileiro, em nível internacional, se especula que as quantidades arrecadadas se destinariam ao investimento nos custos de adaptação dos países em desenvolvimento, o governo poderia reter os ingressos e usá-las para reduzir as dívidas, ou poderiam ser recicladas dentro da economia com a finalidade de reduzir outras taxas e reunir fundos para a implementação de medidas que atinjam as reduções das emissões e criar fundos para pesquisa, e desenvolvimento e demonstração (RD-D).

Uma outra questão que tem sido verificado durante o estudo foi o fato de que o enfrentamento da problemática ambiental exige uma abordagem interdisciplinar, porque tal problemática acentua as questões sociais que englobam outros problemas, como os políticos e os econômicos.

Por outro lado, considera-se que os desequilíbrios na macroeconomia não só ocorrem devido a mudanças na política fiscal, especificamente na estrutura tributária, mas também por outros fatores não menos importantes para o rigor teórico da economia. O fator externo que mais contribui para agravar esses desequilíbrios é a deterioração

ambiental e a mudança do clima experimentadas atualmente e que provocam quedas na produtividade da agricultura, perda de competitividade no mercado internacional de produtos agrícolas exportáveis devido ao incremento dos preços relativos, etc. fatos que chegam a ameaçar a viabilidade e sustentabilidade do equilíbrio macroeconômico. Portanto, para melhorar os padrões de vida, o país deveria adotar simultaneamente políticas macroeconômicas e ambientais adequadas, embora os vínculos entre as duas sejam complexos e não totalmente compreendidos.

Considera-se fundamental a quantificação das variáveis ambientais, especificamente das emissões de poluentes. O cálculo das emissões de CO₂ pela queima de combustíveis fósseis foi feito para o Brasil. Segundo os resultados essas emissões apresentaram uma TMAC de 1,38%, durante os últimos 14 anos. Em 1979, o Brasil emitiu 168,73 Mt CO₂; em 1994, esse valor passou a 210,35 Mt CO₂ não biogênicas. Quanto às emissões biogênicas, pode-se afirmar que em 1979 foram emitidas 119,03 Mt CO₂, valor que passou para 129,46 Mt CO₂ em 1994. Tais informações constituem-se importantes recursos ao planejador energético, pois lhe fornece novos parâmetros para a toma de decisão. Isto é, possibilita adotar políticas energéticas que considerem, conjuntamente, meio ambiente e capital apontando para medidas de conservação, ou mesmo, de substituição de energéticos poluidores.

Dada a importante participação da biomassa e da hidreletricidade na matriz energética brasileira, as políticas de controle das emissões de CO₂ e outros GEE, devem incentivar ainda mais, o uso e a viabilização econômica desses recursos, inibindo o uso dos combustíveis de origem fóssil. A biomassa desempenha um papel importante nas emissões de CO₂. As ENB no Brasil representam 42% de todo o CO₂ emitido. Essa porcentagem é reabsorvido pelo processo de fotossíntese das plantas e da cana. Isso quer dizer que as emissões antropogênicas efetivas de CO₂ na atmosfera representam 58%.

Um acordo entre diferentes países sobre políticas de redução das emissões de poluentes é, sem dúvida alguma, algo extremamente difícil. Isto porque não é fácil encontrar uma forma equitativa de distribuir a carga de um esforço de tamanha magnitude e de tão longo prazo. Sendo o efeito estufa um problema ambiental global, políticas adotadas isoladamente por cada país não resultarão em maiores benefícios para o

ambiente. Portanto, um acordo mundial quanto às formas de reduzir as emissões de GEE provocadas pelas atividades humanas é fundamental, embora complexo.

No aspecto econômico verificou-se que a partir da década de cinquenta, graças aos baixos preços do petróleo, o Brasil passou por uma etapa de crescimento econômico considerável, desenvolvendo uma indústria competitiva com base na energia barata. A partir de 1974 enfrentou uma tecnologia dependente do petróleo. Por esse motivo, entre outros, o Brasil teve uma participação marginal e tardia no processo de industrialização do mundo, além de sempre ter enfrentado problemas de ordem interna. Atualmente, as tendências do consumo de combustíveis que emitem CO₂ são decrescentes, devido fundamentalmente a que, após o choque do petróleo, adotaram-se medidas de conservação e substituição de energéticos que resultaram no declínio dos derivados do petróleo, na crescente participação de eletricidade e na incorporação de outras fontes de energia, dando-se preferência às fontes renováveis. Entretanto, só com o apoio industrial e comercial obteve-se um fortalecimento em algumas fontes, como foi o caso do Pro-álcool no Brasil.

O modelo de desenvolvimento atualmente adotado, sobretudo nos países em desenvolvimento, considera a construção de indústrias energo-intensivas. Contudo, isso não significa que o consumo de energia de origem fóssil deva crescer, senão dever-se-ia continuar estimulando a conservação de energia e o uso de *energia alternativa*.

Também verificou-se que os setores maiores responsáveis pelas emissões de CO₂ são o industrial e o de transportes, por serem setores intensivos no consumo dos combustíveis que emitem CO₂.

Finalmente, considera-se que só uma mudança na estrutura econômica, de produção e de consumo será capaz de reduzir qualquer emissão, melhorar a qualidade de vida da humanidade e do meio ambiente; pois nós, pessoas que procuramos progresso e modernidade (para o qual precisamos usar energia), rejeitamos incômodos como a poluição e a degradação ambiental (gerados pelo uso de energia). O quê é feito para evitar isso?. O primeiro fato representa um grande desafio que deve começar a ser enfrentada primeiramente com a chamada de atenção à consciência ecológica, já que “ ***nosso futuro depende do meio ambiente, o futuro do meio ambiente depende de nós***”

7.2 Sugestões

Como o objetivo deste estudo foi fazer uma avaliação em nível macro, a ferramenta principal para a análise foi o exame do PIB. Conscientes das limitações dessa variável macroeconômica para medir o grau de bem-estar social, este estudo apresenta alguns vazios que precisam ser preenchidos mediante a elaboração de um trabalho mais amplo que considere a desagregação do produto em setoriais. Além disso, apresenta uma inconsistência quanto à metodologia no que diz respeito ao modelo de demanda de energia que seja compatível com o modelo de crescimento econômico de longo prazo (**MCELP**).

Portanto, como desdobramento deste trabalho, sugere-se a ampliação da metodologia de avaliação de políticas de controle do MA apresentada. Essa ampliação deve, em princípio, apontar à elaboração de um modelo de demanda de energia compatível com o **MCELP** desenvolvido até aqui; e, a desagregação do produto em setores da economia brasileira. Isso levaria a propor políticas energéticas com vistas ao desenvolvimento sustentável, cujo princípio é baseado em alguns valores como: equidade social, prudência ecológica e eficiência econômica.

As políticas de controle de M.A., no Brasil e nos outros países em desenvolvimento, devem se direcionar à **adoção de programas de pesquisa e desenvolvimento (P&D)**, tanto públicos quanto privados. Pois, temos a vantagem potencial de nos desenvolvermos com tecnologia mais eficiente, com menor consumo de energia, capaz de resolver os problemas ambientais que surgem do uso de energia, principalmente através do incremento da eficiência energética. Isto é, sempre que as políticas energéticas procurem viabilizar o fluxo de recursos financeiros, de fortalecimento científico, de capacitação tecnológica, profissional e institucional.

Referências

- ABEMA. Associação Brasileira Das Entidades De Meio Ambiente. *Perfil ambiental e estratégias*. Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo, 1992
- ALTVATER, E. **O preço da riqueza**. São Paulo: UNESP, 1995. P 34-60
- ANDERSON, D., BIRD, C. Carbon accumulations and technical progress: a simulation study of costs. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*. v. 54, n.1 p.1-28, Feb.1992.
- BARKER, T. BAYLIS, S., MADSEN, P. A UK carbon/energy tax: the macroeconomic effects. *Energy Policy*, v. 21, n. 3, p 296-308, 1993.
- BARTHOLD, T. Issues in the design of environmental excise taxes. *Journal of Economics Perspectives*, v. 8, n. 1, p. 133-151, 1994.
- BEKKERING, T. Using tropical forests to fix atmospheric carbon: the potential in theory and practice, *AMBIO* v. 21, n 6, p.414-419, Sept. 1992.
- BENESTAD, O. Energy needs and CO₂ emissions: constructing a formula for just distributions. *Energy Policy*, v. 22, n 9, p.725-734,1994.
- BHAGWATI, J. The case for free trade. *Scientific American* New York, v. 269, n. 5, p. 17-23, Nov. 1993.
- BIRKELUND, H., GJELSVIK, E. AASERUD, M. The EU carbon/energy tax: effects a distorted energy market. *Energy Policy*, v. 22, n 8, 1994.
- BOERO, G., CLARKE, R., WINTERS, A. Controlling greenhouse gases: a survey of global macroeconomic studies. *Discussion Papers 91-25*, p. 1-30, 1993.
- BOYD, R. URI, N. An Analysis of the proposed Btu TAX on the US economy. *International Journal of Energy Research*, v. 17, n. 8, p 727-745 Nov.1993.
- COASE, R. The Problem of Social Cost. *Journal of Law and Economics*, 1960.

- CÓMITE SPÉCIAL SUR LES FACTEURS D'ÉMISSION ÉNERGIE, MINES ET RESSOURCES CANADA. *Inventaire des Facteurs D'émission des Gaz à Effect de Serre et D'autres Gaz par Type de combustible, MRC, 1990*
- DALY, H. **Economía, ecología, ética: ensayos hacia una economía en estado estacionario.** Mexico: Fondo de Cultura Económica, 1989.
- _____. The perils of free trade. *Scientific American*, New York, v. 269, n. 5, p. 24-29, Nov. 1993.
- _____. **Steady State Economics.** 2 ed., New York: Island Press, 1991.
- _____, COOB, J. **For the common good.** London: Greenprint Press, 1990
- DEAN A. What do the global models tell us about the carbon taxes required and the economic costs entailed in reducing CO₂ emissions?. In Kaya, Y., Nakicenovic, W.D. Nordhaus, Toth F.L., (Editors), *Costs, Impacts, and Benefits of CO₂ Mitigations*, Luxembourg, Austria: IIASA, 1993.
- _____, HOELLER, P. NICOLAISEN, J. Economics and the environment: a survey of issues and policy options. *OECD Economic Studies.* 1991
- _____, NICOLAISEN, J. Macroeconomic implications of reducing greenhouse gas emissions: a survey of empirical studies *OECD Economic Studies.* 1991
- DORNBUSH, R, FISHER, S. **Macroeconomics.**: Massachusetts Institute of Technology, Mc. Graw Hill, 1982
- DOWLATABADI, H; GRANGER M. A model framework for integrated studies of the climate problem *Energy Policy* v. 21 n. 3, p.209-221, Mar. 1993.
- DRAKOPOLOUS, S. The economics of the greenhouse effect *Journal of Economic Surveys*, 1994
- EASTERLIN R. **Does economic growth improve the human lot?** New York: David., P R Weber (eds.), 1974
- EDMONDS J. A., REILLY J.M. Global energy:Assessing the future. *Oxford University Press*, New York, 1995.

- ELLIOT, P., BOOTH, R. Sustainable biomass energy, *Shell Selected Papers*, Dec. 1990
- EKINS, P. The Impact of carbon taxation on the UK economy, *Energy Policy*, v. 22, n° 7, p. 571-579, 1994.
- FRANKHAUSER, S. The economic cost of global warming: some monetary estimates. In Kaya, Y., Nakicenovic, W.D. Nordhaus, Toth F.L., (Editors), *Costs. Impacts, and Benefits of CO₂ Mitigations*, Luxembourg, Austria: IIASA, 1993.
- FELLS WOOLHOUSE, L. A response to the UK national program for CO₂ emissions. *Energy Policy*, n° 8 v. 22, p. 666-684, 1994.
- GUERRA, S., BENSUSAN, J. Investigação e modelos de previsão. *Serie Energia*, Secretaria de Energia, Minas e Comunicações, PA, 1991
- GRUBB, M. Policy modeling for climate change. *Energy Policy*, v. 21, n. 3, p. 203-208, 1993
- _____. The costs of climate change: critical elements. In Kaya, Y., Nakicenovic, W.D. Nordhaus, Toth F.L., (Editors), *Costs. Impacts, and Benefits of CO₂ Mitigations*, Luxembourg, Austria: IIASA, 1993.
- GUIMARÃES, R.P. O Novo padrão de desenvolvimento para o Brasil: inter-relação do desenvolvimento industrial e agrícola com o meio ambiente. VELLOSO, J.P. dos R. (Org.) *A Ecologia e o Novo Padrão de Desenvolvimento no Brasil*, São Paulo: Nobel, 1992, p. 1952,
- GOLDEMBERG, J. **Energy, environment & development**. IAE, Geneva, 1996 (inédito).
- HOELLER, P., DEAN, A., NICOLAISEN, J. Macroeconomics implications of reducing greenhouse gas emissions: a survey of empirical studies. *OECD Economic Studies*; n. 16, p. 45-78, 1991.
- _____, WALLIN, M. Energy prices, taxes carbon dioxide emissions. *OECD Economic Studies*, n. 17, p. 91-104, 1991.
- HOLTZ-EAKIN, D. SELDEN, T. M. Stoking the fires? CO₂ emissions and economic growth. *Working Papers*, NBER, INC. n. 4248, p. 1-38, 1993.

- HOUHTON J.T.,JEKINS G.J., EPHRAUMS J.J. Eds. Climate change: the IPCC scientific Assessment, *Cambridge University Press*, Cambridge 1990
- HOURCADE, J-CH. Economic issues and negotiation on global environment: some lessons from the recent experience on greenhouse effect. *Trade, Innovation and Environment*, Kluwer, 1993.
- _____. Modeling long-run scenarios: methodology lessons from a prospective study on a low CO2 intensive country. *Energy Policy*, v. 3, n. 18, p. 309-325, 1993.
- IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- Contas Nacionais do Brasil 1970-1992 *Indicadores Econômicos, suplemento especial do Anuário Estatístico do Brasil*, 1992.
- IPCC, IPCC Supplement, *World Meteorological Organization and UNDP*, Geneva, 1992.
- _____. **Climate Change: The IPCC Response Strategies**, Cambridge University Press, 1991.
- JONHSTON J. Econometrics Methods. *Económica*. Tomo 1, Paris, 1985.
- JORGENSON D., WILCOXEN, P. Reducing US carbon dioxide emissions: an assessment of different instruments. In Kaya, Y., Nakicenovic, W.D. Nordhaus, Toth F.L., (Editors), *Costs. Impacts, and Benefits of CO2 Mitigations*, Luxembourg, Austria: IIASA, 1993.
- KMENTA, J. Elementos de Econometria. *Teoria Econométrica Basica*. São Paulo: Atlas, 1990, v. 2,
- KOOPMAN, G.J., MORS, M. SCHERP, J. The likely economic impact of the proposed carbon/energy tax the European Community. In, Kaya, Y., Nakicenovic, W.D. Nordhaus, Toth F.L., (Editors), *Costs. Impacts, and Benefits of CO2 Mitigations*, Luxembourg, Austria: IIASA, 1993.
- KVERNDOKK, S. Global CO2 agreements: a cost-effective approach, *Energy Journal*, v. 14, n. 2, p. 91-111, 1993.
- LEITE, A. **Macroeconomia: Teoria, Modelos e Instrumentos de Política Econômica**. São Paulo: Atlas, 1994.

- LENGRUBER, A. Economic growth and economic policy. *Brazilian Financial Letter, Banco Liberal*, April 1996.
- MARTINEZ, A., SCHLULPMANN. **La ecologia y la economia**. Mexico, Fondo de Cultura Económica, 1991.
- MALTHUS, T. **An essay on the principle of populations**. London: Macmillan, 1909.
- MANNE, A. S. RICHELIS, R. Environment and energy conservation - The costs of stabilizing global CO₂ emissions: A probabilistic model based on expert judgments. *Energy Journal*; special feature, 1994.
- _____. The EC proposal for combining carbon and energy taxes: the implications for future CO₂ emissions. *Energy Policy* v.1 n. 8, p. 5-12, 1993.
- _____, MENDELSON, R. RICHELIS R. MERGE: A model for evaluating regional and global effects of GHG reduction policies. *Energy Policy*, v. 23, n. 1, p. 17-33, 1995.
- MARTINS, J. O., BURNIAUX, J. M., MARTIN, J. P. NICOLETTI, G. The costs of reducing CO₂ emissions: a comparison of carbon tax curves with GREEN. *Working Papers*, Paris, n.118 p.1-25, Jul. 1992.
- MEDEIROS, J. Energia renovável na siderurgia: análise sócio-econômica e ambiental da produção de carvão vegetal para os altos fornos de Minas Gerais (no início da década de 1990): FEM, UNICAMP, 1995. *Tese de Doutorado*. Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 1995.
- MILL, J.S. **Principles of Political Economy**. London: Parker, 1857
- MILLS, E., WILSON D., JOHANSSON T.B. Getting Started: no-regrets strategies for reducing greenhouse gas emissions. *Energy Policy*, v. 7, n. 17, p. 526-541, 1991.
- MME/DNDE - MINISTERIO DE MINAS E ENERGIA/DEPARTAMENTO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ENERGÉTICO, *Balanco Energético Nacional*, 1995.
- MOREIRA, J.R. Policy instruments for CO₂ mitigation: the case of Brazil. In Kaya, Y., Nakicenovic, Nordhaus, W.D. Toth F.L. (Editors), *Costs, Impacts, and Benefits of CO₂ Mitigations*, Luxembourg, Austria: IIASA, 1993.

- MORRISON M., B. BRINK P. The costs of reducing CO₂ emissions: a comparison of the German and UK power sectors. *Energy Policy*, v. 3, n. 12, p. 284-295, 1993.
- NAKICENOVIC, N. CO₂ mitigation: measures and options, *Environment, Science and Technology*, v. 27, n. 10, p. 1986-1990, 1993.
- NICOLAISEN, J., DEAN, A., HOELLER, P. Economics and the environment: a survey of issues and policy options. *OECD Economic Studies*, n. 16 p. 8-38, 1993.
- NORDHAUS, W.D. The cost of slowing climate change: a survey, *Energy Journal*, v. 12, n. 1, p. 37-65, 1991.
- OECD. **Economic instruments for environmental protection**, 1989
- _____, The economic costs of reducing CO₂ emissions. economic studies. *Economics Department Working Papers*, Special issue. Resource Allocation Division-OECD, Paris, n. 118 1992.
- _____. **The macro-economic impact of environmental expenditure**, 1985
- OLIVEIRA, A., ARAÚJO, J.L. Respostas do setor industrial brasileiro ao segundo choque do petróleo e à recessão. In *Energia e Crise*, Petrópolis: Vozes, 1994.
- OPSCHOOR, J.B. VOS, J. Economic instruments for environment protection, *OECD*, Paris, 1989.
- O'RIORDAN, T. **Environmentalism**. 2 ed., London: Pion Press, 1983.
- _____. The new environmentalism and sustainable development. *The Science of the Total Environment*, 1991.
- PEARCE, D. BARBIER, E. The greenhouse effect: a view from europe; *Energy Journal*, v. 12, n. 1, p. 147-159, 1992.
- _____, TURNER, R. **Economics of natural resources and the environment**. Harvester Wheatsheaf, Hemel Hempstead, 1990.
- PECK, S., TEISBERG, T. Emissions control: comparing policy instruments. *Energy Policy*, v.3 n. 9 p. 222-230, mar. 1993.

- PIGOU, A. **The economics of welfare**. London: Mac Milan, 1920.
- PINGUELLI, L. Analytical model to compare energy efficiency indexes and CO₂ emission developed and developing countries. COPPE, Rio de Janeiro, 1993.
- RICARDO, D. **Principles of political economy and taxation**. London: Everyman, 1926.
- RODRIGUES, C.M., ALVES DE BRITO, F. Planejamento estratégico, instrumento fundamental para qualidade e conservação. *ANAIS VI Congresso Brasileiro de Energia*, vol. 2, 1993.
- SCHERAGA, J.D., LEARY, N.A. Improving the efficiency of policies to reduce CO₂ emissions. *Energy Policy*, v. 5, n. 11, p. 394-403, 1992.
- _____, GOETTLE, J., JORGENSON, W. WILCOXEN, P.J., Macroeconomics Modeling and the Assessment of Climate Change Impacts. In Kaya, Y., Nakicenovic, W.D. Nordhaus, Toth F.L., (Editors), *Costs, Impacts, and Benefits of CO₂ Mitigations*, Luxembourg, Austria: IIASA, 1993.
- SCHLOSS, M.J. Energy, the environment and sustainable development. *World Bank, IEF Report*, p. 7-10.
- SCHULZ, W., WELSCH, H. CO₂ taxes and duties. *Energy & Environment*, v. 6, n. 2, p. 159-165, 1995.
- SERÔA DA MOTTA, R. Análise de Custo Benefício do Meio Ambiente. MARGULIS, S (Ed.) *Meio Ambiente*. São Paulo: Studio Nobel-FUNDAP, 1990.
- _____. Mecanismos de mercado na política ambiental brasileira. *Perspectivas da Economia Brasileira - 1992*. Brasília: IPEA, cap. 30 p. 585-603, 1991.
- SHAFIK, N. BANDYOPADHYAY, S. Economic growth and environmental quality time series and cross-country evidence. *Policy Research Working Papers*, The World Bank, Washington DC/ USA, 1992.
- SHELL. Renewable energy. *Shell Briefing Service*, n. 1, 1994.
- SMA - SECRETARIA do MEIO AMBIENTE, **Política Municipal de Meio Ambiente**, São Paulo, 1992.

- SMITH, C., HALL S. MABEY, N. Econometric modeling of international carbon tax regimes, *Energy Economics*, v. 17, n. 2, 1995.
- STAVINS R. N. WHITEHEAD B.W., dealing with pollution: market-based incentives for environmental protection, *Environment*, v. 34, n. 7, 1992.
- SUÁREZ , C. **Impactos ambientais del sistema energético de américa latina 1970-1990/1990/2010**, IDEE/FB - OLADE, 1993.
- TIETEMBERG, T.H. Economic instruments for environmental regulation. *Oxford Review of Economic Policy*, v.6, n. 1, Spring, 1990
- TOGEIRO DE ALMEIDA, L. Instrumentos de política ambiental: debate internacional e questões para o brasil. Campinas: IE, UNICAMP, 1994. *Dissertação (Mestrado)*. Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, 1994.
- TURNER R.K., PEARCE, D., BATEMAN, I. **Environmental economics: an elementary introduction**. Baltimore: The John Hopkins University Press, 1993.
- TOHARIA, M. El Efecto invernadero: amenaza planetaria? *El Socialismo del Futuro: Medio Ambiente y Política*, n. 8, Fundación Sistema, Madrid, 1993.
- URI, N. D. Energy scarcity and economic growth reconsidered, *International Journal of Energy Research*, v. 19, n 7, p. 615-629, 1995.
- _____, BOYD J. An assessment of the Energy Tax Burden on the Philippine Economy, *International Journal of Energy Research*, v. 17 n. 17, p. 605-619, 1993.
- WALKER I.O. BIROL, F. Analyzing the cost of an OECD environmental tax to the developing countries. *Energy Policy*, v. 6, p. 559-567, Jun 1992.
- WARWICK J., MCKIBBIN WLCOXEN P. The global consequences of regional environmental policies: an integrated macroeconomics, multisectoral approach. In Kaya, Y., Nakicenovic, W.D. Nordhaus, Toth F.L., (Editors), *Costs. Impacts, and Benefits of CO2 Mitigations*. Luxembourg, Austria: IIASA, 1993.
- WELSCH, H. A CO2 agreement proposal with flexible quotas, *Energy Policy*, v. 7, Jul. 1993.

WONNACOTT, R.J., **Econometrics**. United States: WIE, 1970.

WOODS, J. HALL, D. Biofuels as a sustainable substitute for fossil fuels: their potential for CO₂ emissions reduction. London, 1993.

WYCKOFF, A.W. ROOP J.M. The embodiment of carbon in imports of manufactured products: implications for international agreements on green house gas emissions, *Energy Policy*, v. 3, n. 8. P. 187-194, 1994.

YAMAJI, K. MATSUHASHI, R; NAGATA Y; KAYA, Y. A survey on economic measures for CO₂ reduction in Japan, *Energy Policy*, v. 21 n. 2 p. 123-132. Feb 1993.

ANEXO

As seguintes tabelas são dados socio-econômicos que foram usadas para implementar o modelo de crescimento a longo prazo.

Como o Brasil mudou de unidade monetária várias vezes no período de análise utilizado (1977-1991), foi necessário uniformizá-la. Por tanto, usando os dados das Contas Nacionais publicados pela IBGE, as unidades monetárias foram estandarizadas a Cruzeiros de 1992. Foi necessário também deflacionar esses valores para o ano base de 1980; para tal utilizou-se o IGP-DI cuja fonte também é o IBGE. Além disso esses valores foram levados a Dólares e também foram deflacionados utilizando-se o IGP (índice geral de preços) dos Estados Unidos, cuja fonte é *The Economic Report of the President, USA 1992*. Se fizeram tais considerações para apresentar valores reais dessas variáveis.

Tabela A: Séries utilizadas para o Modelo Macroeconômico 1977-1991

Unidade: US\$ Milhões de 1980=100

Ano	PIB Y	Consumo C	FBKF* I	Gasto Gov. G	Importação M	Exportação X
1970	167247.52	136465.77	37964.16	22573.28	14684.82	14364.82
1971	168381.64	137284.13	38682.27	21995.80	15927.99	12894.09
1972	170779.58	139623.85	40387.06	21347.45	17885.70	14423.95
1973	191680.04	151132.34	47920.01	23499.24	21195.39	18430.77
1974	217305.68	176998.98	57130.36	24534.51	34698.81	19978.10
1975	225321.79	169689.92	62236.57	27180.87	29467.11	19306.04
1976	237492.90	185489.57	55646.87	28320.28	25504.82	19045.80
1977	245620.92	192692.13	59530.90	26296.54	22044.34	20253.93
1978	247617.99	192308.13	62271.94	27074.76	22046.59	18720.26
1979	243943.60	188793.08	62408.34	26432.82	24909.58	19354.20
1980	212641.38	168710.20	53892.22	21670.94	26613.44	21309.76
1981	225350.53	175695.63	52755.77	23384.47	24602.30	23650.55
1982	225183.22	169947.92	49229.10	25060.55	20724.39	19059.30
1983	161496.22	134036.96	29456.89	17366.90	16194.08	20532.74
1984	154673.17	121477.72	26557.76	14056.24	13444.55	22985.15
1985	146100.19	113061.77	27462.65	15859.70	11389.78	19661.17
1986	156256.17	126089.12	34002.86	18740.24	10955.70	15575.13
1987	162012.46	112661.94	40150.16	21895.82	11147.45	17028.84
1988	172920.57	114414.05	43669.58	24128.19	10942.58	20930.13
1989	223306.15	142172.06	69909.25	35082.78	12364.71	20217.29
1990	227013.09	161293.28	56450.35	40602.32	14437.52	18826.98
1991	211580.81	136844.70	39978.90	30535.62	13786.31	18007.89

Fonte: FIBGE Indicadores Econômicos 1992, vol. 7 n° 6 (publicação mensal)

Anuário Estatístico do Brasil, 1992/Secção 7

Continuação da Tabela A.

Ano	Renda Disponível YD	Tributos Diretos TD	Tributos Indiretos TI	Transferências do Governo TG
1970	131700,4	18520,4	33954,0	16462,6
1971	133083,4	19011,9	30419,0	13688,6
1972	133266,6	20768,8	31153,2	14422,8
1973	148364,9	24420,3	34557,0	15665,0
1974	167530,2	26987,1	38553,0	15771,7
1975	176042,6	30229,5	37088,3	18036,1
1976	189125,8	31465,8	36434,0	19541,9
1977	194585,1	34016,0	37261,0	20253,0
1978	198495,8	34423,4	37440,3	22742,7
1979	199001,1	33241,6	32614,4	20921,6
1980	172797,2	26309,3	31822,1	18287,2
1981	184084,4	29452,7	32440,9	20631,2
1982	183384,1	31796,4	31494,1	21483,4
1983	131460,5	22029,2	23031,7	15035,6
1984	130817,1	19329,6	17689,3	13172,2
1985	121549,7	19192,2	16970,3	11622,8
1986	125727,5	22613,0	21893,9	13985,7
1987	133570,9	21265,7	20854,9	13579,1
1988	144761,6	21061,1	20839,3	13740,7
1989	188082,0	27390,5	26411,0	18378,7
1990	177950,2	34195,8	37283,2	21611,1
1991	151443,3	20400,9	23268,6	15169,1

Fonte: FIBGE Índices Econômicos 1992

Índices Utilizados 1970-1991 (Ano Base: 1980=100)
(%)

ANO	Taxa de Cambio (RM)*	Índice de Quantum para Exportações (YW)
1970	199,43	59
1971	196,39	62
1972	182,70	69
1973	163,88	76
1974	141,26	81
1975	132,32	77
1976	123,00	86
1977	114,26	89
1978	105,32	94
1979	101,52	100
1980	100,00	100
1981	84,22	100
1982	83,27	97
1983	105,13	100
1984	104,18	107
1985	107,99	111
1986	97,72	119
1987	86,69	126
1988	74,72	138
1989	55,89	147
1990	47,34	154
1991	55,13	160

Fonte: Conjuntura Economica, FGV (vários números)

Taxa de Câmbio = Taxa de câmbio oficial / Índice Geral de Preços