

**PRIMEIRO INVENTÁRIO BRASILEIRO DE  
EMISSÕES ANTRÓPICAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA**

**RELATÓRIOS DE REFERÊNCIA**

**EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA  
POR QUEIMA DE COMBUSTÍVEIS**

**ABORDAGEM *BOTTOM-UP***



*Ministério da Ciência e Tecnologia*  
**2006**

**PRESIDENTE DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL**  
LUIZ INÁCIO LULA DA SILVA

**MINISTRO DE ESTADO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA**  
SERGIO MACHADO REZENDE

**SECRETÁRIO DE POLÍTICAS E PROGRAMAS DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO**  
LUIZ ANTONIO BARRETO DE CASTRO

**EXECUÇÃO**

**COORDENADOR GERAL DE MUDANÇAS GLOBAIS DE CLIMA**  
JOSÉ DOMINGOS GONZALEZ MIGUEZ

**COORDENADOR TÉCNICO DO INVENTÁRIO**  
NEWTON PACIORNIK

**PRIMEIRO INVENTÁRIO BRASILEIRO DE  
EMISSÕES ANTRÓPICAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA**

**RELATÓRIOS DE REFERÊNCIA**

**EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA  
POR QUEIMA DE COMBUSTÍVEIS**

**ABORDAGEM *BOTTOM-UP***

**Elaborado por:**

**INSTITUTO ALBERTO LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA - COPPE**  
**Programa de Planejamento Energético da COPPE - PPE**  
Cidade Universitária  
Centro de Tecnologia, Bloco G, sala 101  
Ilha do Fundão  
Caixa Postal: 68513  
CEP: 21945-970  
Rio de Janeiro RJ - Brasil

**Fundação Coordenação de Projetos e Pesquisas e Estudos Tecnológicos - COPPETEC**  
Centro de Tecnologia - COPPE/UFRJ  
Bloco H, Sala H201 - Ilha do Fundão  
CEP 21949-900  
Rio de Janeiro - RJ - Brasil

**Equipe responsável:**

*Coordenadores*  
Prof. Luiz Pinguelli Rosa  
Prof. Rafael Schechtman

*Pesquisadores*  
Alexandre Salem Szklo  
Janaína Francisco Sala

## **Publicação do Ministério da Ciência e Tecnologia**

*Para obter cópias adicionais deste documento ou maiores informações, entre em contato com:*

### **Ministério da Ciência e Tecnologia**

#### **Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento**

#### **Coordenação Geral de Mudanças Globais de Clima**

Esplanada dos Ministérios Bloco E 2º Andar Sala 244

70067-900 - Brasília - DF

Telefone: 61-3317-7923 e 3317-7523

Fax: 61-3317-7657

e-mail: [cpmg@mct.gov.br](mailto:cpmg@mct.gov.br)

<http://www.mct.gov.br/clima>

#### **Revisão:**

Branca Bastos Americano

Mauro Meirelles de Oliveira Santos

Newton Paciornik

#### **Revisão de Editoração:**

Mara Lorena Maia Fares

Anexandra de Ávila Ribeiro

#### **Diagramação e Editoração:**

Pedro Renato Barbosa

A realização deste trabalho em 2002 só foi possível com o apoio financeiro e administrativo do:

#### ***Fundo Global para o Meio Ambiente - GEF***

#### ***Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD***

*Projeto BRA/95/G31*

SCN Quadra 02 Bloco A - Ed. Corporate Center 7º Andar

70712-901 - Brasília - DF

Telefone: 61-3038-9300

Fax: 61-30389009

e-mail: [registry@undp.org.br](mailto:registry@undp.org.br)

<http://www.undp.org.br>

#### ***U.S. Country Studies Program***

PO-2, Room GP-196

1000 Independence Avenue, SW

Washington, D.C. 20585 USA

Telefone: 1-202-426-1628

Fax: 1-202-426-1540/1551

e-mail: [csmt@igc.apc.org](mailto:csmt@igc.apc.org)

html <http://www.gcric.org/CSP/webpage.html>

Agradecemos à equipe administrativa do GEF, do PNUD e do U.S. Country Studies Program e, em particular, a algumas pessoas muito especiais sem as quais a realização deste trabalho não teria sido possível: Emma Torres, Richard Hosier e Vesa Rutanen, todos do PNUD/Nova York; Cristina Montenegro, do PNUD/Brasil, de 1985 a 1999, por seu apoio e incentivo em todos os momentos; e Jack Fitzgerald e Robert K. Dixon, do U.S. Country Studies Program, que propiciaram o encaminhamento do programa. A todas essas pessoas, por sua liderança neste processo, nosso mais sincero agradecimento.

# Índice

## Página

Introdução	09
Sumário Executivo	11
1 Introdução	14
2 Sistema Energético Brasileiro	15
2.1 Consumo de energia por setor	22
2.1.1 Consumo Final de Energia no Setor Industrial	24
2.1.2 Consumo final de energia no Setor de Transportes	27
2.1.3 Consumo final de energia no Setor Residencial	29
2.1.4 Consumo final de energia no Setor Público	31
2.1.5 Consumo final de energia no Setor Agropecuário	32
2.1.6 Consumo final de energia no Setor Energético	33
2.1.7 Consumo final de energia no Setor Não Energético	34
2.1.8 Centros de transformação	35
2.1.8.1 Consumo de energia nas centrais termelétricas	35
2.1.8.2 Consumo de energia nas Carvoarias	38
3 Emissões de CO <sub>2</sub>	39
3.1 Setor de Transportes	48
3.2 Setor Industrial	51
3.3 Setor Energético Amplo	58
3.4 Setor Residencial	61
3.5 Setor Agropecuário	63
3.6 Setor Comercial	64
3.7 Setor Público	66
3.8 Consumo Não Energético	67
4 Emissões de Gases Não-CO <sub>2</sub>	69
4.1 Monóxido de Carbono (CO)	70
4.2 Metano (CH <sub>4</sub> )	74
4.3 Óxidos de Nitrogênio (NO <sub>x</sub> )	78
4.4 Óxido Nitroso (N <sub>2</sub> O)	82
4.5 Compostos Orgânicos Voláteis Não Metânicos (NMVOC)	85
Referências Bibliográficas	89

## Lista de Figuras

### Página

Figura 1 - Oferta Interna de Energia, de 1940 a 1998	15
Figura 2 - Oferta interna bruta de energia, por fonte - (Mtep)	18
Figura 3 - Consumo final, por fonte - (Mtep)	18
Figura 4 - Consumo final, por fonte (%)	19
Figura 5 - Geração de Eletricidade (TWh)	20
Figura 6 - Consumo de energia, por setor	23
Figura 7 - Evolução do consumo final de energia, por subsetores do Setor Industrial	25
Figura 8 - Evolução do consumo final de energia no Setor Industrial, por fontes	26
Figura 9 - Evolução do consumo final de energia, por subsetores do Setor de Transportes	28
Figura 10 - Evolução do consumo final de energia no Setor de Transportes, por fontes	29
Figura 11 - Evolução do consumo final de energia no Setor Residencial, por fontes	30
Figura 12 - Evolução do consumo final de energia no Setor de Público, por fontes	31
Figura 13 - Evolução do consumo final de energia no Setor Agropecuário, por fontes	32
Figura 14 - Evolução do consumo final de energia no Setor Energético, por fontes	33
Figura 15 - Evolução do consumo final não energético, por fontes	34
Figura 16 - Evolução do consumo energético das centrais termelétricas de serviço público, por fontes	36
Figura 17 - Evolução do consumo energético das centrais termelétricas autoprodutoras, por fontes	37
Figura 18 - Geração de Eletricidade (Serviço Público e Autoprodutores) por tipo de fonte -1994	46
Figura 19 - Percentual dos combustíveis fósseis no consumo final, em 1994	47
Figura 20 - Evolução da participação dos combustíveis fósseis nos subsetores industriais	51
Figura 21 - Distribuição das emissões de CO <sub>2</sub> do Setor Industrial, em 1994	55
Figura 22 - Evolução das taxas de crescimento do consumo e das emissões	56

## Lista de Tabelas

### Página

Tabela 1 - Oferta interna bruta de energia, por fonte	16
Tabela 2 - Consumo final de energia, por fonte	17
Tabela 3 - Dependência externa de energia	22
Tabela 4 - Consumo final de energia, por setor	23
Tabela 5 - Consumo dos combustíveis fósseis, por combustível 1990/1994	40
Tabela 6 - Emissões de CO <sub>2</sub> dos combustíveis fósseis, por combustível 1990/1994	41
Tabela 7 - Consumo dos Combustíveis Fósseis, por setor 1990/1994	42
Tabela 8 - Emissões de CO <sub>2</sub> dos Combustíveis Fósseis, por setor 1990/1994	43
Tabela 9 - Evolução da Participação de Combustíveis Fósseis	45
Tabela 10 - Consumo de Combustíveis no Setor de Transportes	48
Tabela 11 - Emissões de CO <sub>2</sub> do Setor de Transportes	49
Tabela 12 - Consumo de Combustível no Setor Industrial, por combustível	52
Tabela 13 - Consumo de Combustível Fóssil no Setor Industrial, por subsetor	52
Tabela 14 - Emissões de CO <sub>2</sub> do Setor Industrial, por combustível	54
Tabela 15 - Emissões de CO <sub>2</sub> do Setor Industrial, por subsetor	54
Tabela 16 - Estrutura das emissões de CO <sub>2</sub> no Setor Industrial, por subsetores e combustíveis, em 1994 (%)	57
Tabela 17 - Consumo de Combustível no Setor Energético Amplo	59
Tabela 18 - Emissões de CO <sub>2</sub> do Setor Energético Amplo	60
Tabela 19 - Consumo de Combustíveis no Setor Residencial	62
Tabela 20 - Emissões de CO <sub>2</sub> do Setor Residencial	62
Tabela 21 - Consumo de Combustíveis do Setor Agropecuário	63
Tabela 22 - Emissões de CO <sub>2</sub> do Setor Agropecuário	64
Tabela 23 - Consumo de Combustíveis no Setor Comercial	65
Tabela 24 - Emissões de CO <sub>2</sub> do Setor Comercial	65
Tabela 25 - Consumo de Combustíveis no Setor Público	66
Tabela 26 - Emissões de CO <sub>2</sub> do Setor Público	67
Tabela 27 - Consumo de Combustíveis para fins Não Energéticos	68

Tabela 28 - Emissões de CO <sub>2</sub> do Consumo Não Energético	68
Tabela 29 - Emissões de CO, por combustível	72
Tabela 30 - Emissões de CO, por setor	73
Tabela 31 - Emissões de CO, por destinação	73
Tabela 32 - Emissões de CH <sub>4</sub> , por combustível	76
Tabela 33 - Emissões de CH <sub>4</sub> , por setor	77
Tabela 34 - Emissões de CH <sub>4</sub> , por destinação	77
Tabela 35 - Emissões de NO <sub>x</sub> , por combustível	80
Tabela 36 - Emissões de NO <sub>x</sub> , por setor	81
Tabela 37 - Emissões de NO <sub>x</sub> , por destinação	81
Tabela 38 - Emissões de N <sub>2</sub> O, por combustível	83
Tabela 39 - Emissões de N <sub>2</sub> O, por setor	84
Tabela 40 - Emissões de N <sub>2</sub> O, por destinação	84
Tabela 41 - Emissões de NMVOC, por combustível	86
Tabela 42 - Emissões de NMVOC, por setor	87
Tabela 43 - Emissões de NMVOC, por destinação	88

## Introdução

A questão do aquecimento global, difícil de ser compreendida por sua complexidade científica e a existência de poucos especialistas neste tema no Brasil, geralmente envolvidos com projetos considerados mais prioritários, tornam a elaboração do inventário brasileiro de emissões de gases de efeito estufa um esforço complexo e pioneiro.

Há, além dessas dificuldades, a falta de material disponível em português sobre o assunto, a falta de conhecimento sobre as obrigações brasileiras no âmbito da Convenção, a falta de recursos para estudos mais abrangentes e dúvidas sobre os benefícios que adviriam para as instituições envolvidas nesse processo.

Outra dificuldade encontrada é o fato de a mudança do clima não ser um tema prioritário nos países em desenvolvimento, cujas prioridades referem-se ao atendimento de necessidades urgentes, nas áreas social e econômica, tais como a erradicação da pobreza, a melhoria das condições de saúde, o combate à fome, a garantia de condições dignas de moradia, entre outras. Neste sentido, os países em desenvolvimento, como o Brasil, confrontam-se com padrões do século 21, antes mesmo de haverem superado os problemas do século 19. O Brasil, entretanto, é um país em desenvolvimento que possui uma economia muito complexa e dinâmica. É o quinto país mais populoso e de maior extensão do mundo, oitava economia mundial, grande produtor agrícola e um dos maiores produtores mundiais de vários produtos manufaturados, incluindo cimento, alumínio, produtos químicos, insumos petroquímicos e petróleo.

Em comparação com os países desenvolvidos, o Brasil não é um grande emissor no setor energético. Isso se deve ao fato de ser o Brasil um país tropical, com invernos moderados e por mais de 60% de sua matriz energética ser suprida por fontes renováveis. Mais de 95% da eletricidade brasileira é gerada por usinas hidrelétricas e há uma ampla utilização de biomassa (utilização de álcool nos veículos, uso do bagaço da cana-de-açúcar para a geração de vapor, uso de carvão vegetal na indústria siderúrgica, etc.). Além disso, programas de conservação de energia têm buscado, desde meados da década de 80, melhorar ainda mais a produção de energia e os padrões de consumo no Brasil.

Para que o Brasil cumprisse as obrigações assumidas no âmbito da Convenção, foi estabelecido um quadro institucional na forma de um Programa, sob a coordenação do Ministério da Ciência e Tecnologia, com recursos financeiros aportados pelo PNUD/GEF e apoio adicional do governo norte-americano. Buscou-se, durante a elaboração do inventário, por sua abrangência e especificidade, envolver diversos setores geradores de informação e a participação de especialistas de diversos ministérios, instituições federais, estaduais, associações de classe da indústria, empresas públicas e privadas, organizações não-governamentais, universidades e centros de pesquisas.

Por sua própria origem, a metodologia do IPCC adotada pela Convenção tem, como referência, pesquisas realizadas e metodologias elaboradas por especialistas de países desenvolvidos, onde as emissões provenientes da queima de combustíveis fósseis representam a maior parte das emissões. Em consequência, setores importantes para os países em desenvolvimento, como a agricultura e a mudança no uso da terra e florestas, não são tratados com a profundidade necessária. Portanto, os fatores de emissão *default* ou até mesmo a própria metodologia devem ser analisados com a devida cautela, uma vez que não refletem, necessariamente, as realidades nacionais. Em muitos casos, não há pesquisa no Brasil que permita avaliar os valores apresentados ou a própria metodologia proposta. Onde existem pesquisas foram encontrados, em alguns casos, valores significativamente discrepantes. A avaliação de emissões decorrentes do uso intensivo de biomassa no Brasil também não encontra apoio na metodologia, muito embora tais emissões, dado o caráter renovável da biomassa, não sejam contabilizadas nos totais nacionais.

A aplicação da metodologia do IPCC pelos países em desenvolvimento impõe a esses países um ajuste a um sistema para cuja elaboração pouco contribuíram. De qualquer modo, durante sua aplicação, não abdicamos do dever de exercer alguma influência, ainda que modesta, por exemplo, em relação à mudança de uso da terra e florestas. Deve-se levar em conta que o Brasil é um dos países que têm melhores e mais abrangentes sistemas de monitoramento permanente deste setor. Estudos

pioneiros foram realizados em relação às emissões de gases de efeito estufa pela conversão de florestas em terras para uso agrícola, pelos reservatórios de hidrelétricas e por queimadas prescritas do cerrado. Cuidado deve ser tomado, também, ao se comparar os resultados totais de emissões por tipo de gás de efeito estufa. Diferenças metodológicas com outros inventários internacionais de emissões de gases de efeito estufa, em especial com alguns países desenvolvidos que não relatam adequadamente suas emissões, como, por exemplo, no caso de mudanças no uso da terra e florestas, impedem a simples comparação dos resultados.

No Brasil, a busca e coleta de informação não são adequadas por causa do custo de obtenção e armazenamento de dados e há pouca preocupação institucional com a organização ou fornecimento de informação, principalmente em nível local. Há, ainda, carência de legislação que obrigue as empresas a fornecer informações, em especial no que diz respeito às emissões de gases de efeito estufa. Por outro lado, muitas vezes, medições não se justificam para o inventário de emissões de gases de efeito estufa por si só, devido ao custo relativamente alto da medição, quando comparado a qualquer melhoria da precisão da estimativa.

Deve-se ter em conta que a elaboração de um inventário nacional é um empreendimento intensivo em recursos. Há que se estabelecer prioridades para realizar estudos e pesquisas de emissões nos setores e gases de efeito estufa principais, uma vez que a metodologia das estimativas e a qualidade dos dados podem melhorar com o tempo. Em virtude deste fato, os relatórios setoriais baseiam-se, normalmente, em trabalhos previamente feitos por diversas instituições nacionais.

Finalmente, é preciso lembrar que ao mesmo tempo que a avaliação das emissões anuais por cada um dos países é importante para o dimensionamento das emissões globais e para a compreensão da evolução futura do problema das mudanças climáticas, as emissões anuais de gases de efeito estufa não representam a responsabilidade de um país em causar o aquecimento global, visto que o aumento da temperatura é função da acumulação das emissões históricas dos países, que elevam as concentrações dos diversos gases de efeito estufa na atmosfera. Para cada diferente nível de concentração de cada gás de efeito estufa, há uma acumulação de energia na superfície da Terra ao longo dos anos. Como é mencionado na proposta brasileira apresentada durante as negociações do Protocolo de Quioto (documento FCCC/AGBM/1997/MISC.1/Add.3), a responsabilidade de um país só pode ser corretamente avaliada se forem consideradas todas as suas emissões históricas, o conseqüente acúmulo de gases na atmosfera e o aumento da temperatura média da superfície terrestre daí resultante. Portanto, os países desenvolvidos, que iniciaram suas emissões de gases de efeito estufa a partir da Revolução Industrial, têm maior responsabilidade por causar o efeito estufa atualmente e continuarão a ser os principais responsáveis pelo aquecimento global por mais um século.

## Sumário Executivo

Este relatório apresenta as estimativas das emissões de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ), óxidos de nitrogênio ( $\text{NO}_x$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) e de compostos orgânicos voláteis não metânicos (NMVOC), provenientes da queima de combustíveis no Brasil no período de 1990 a 1994, com base na abordagem *bottom-up* definida nas Diretrizes Revisadas de 1996 do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC, 1997).

O presente relatório foi elaborado conforme contrato firmado entre o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD, a agência implementadora do Fundo Global para o Meio Ambiente - GEF, e o Instituto de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia - COPPE, no âmbito do Projeto BRA/95/G31.

Este estudo foi solicitado, revisado e reestruturado pela Coordenação Geral de Mudanças Globais do Ministério da Ciência e Tecnologia, a agência executora do Projeto, e elaborado por uma equipe de professores e pesquisadores do Programa de Planejamento Energético - PPE e do Programa de Transporte - PET da COPPE, localizada no Rio de Janeiro - RJ.

O relatório é composto de duas partes. Na primeira são calculadas e analisadas as emissões setoriais de  $\text{CO}_2$  e na segunda parte são calculadas e analisadas as emissões setoriais dos outros gases de efeito estufa.

As emissões são analisadas tendo em vista as peculiaridades da matriz energética brasileira, em que o uso de fontes de energias renováveis, como a lenha, a energia hidráulica, o carvão vegetal, o bagaço e o álcool de cana-de-açúcar, é predominante na oferta de energia do país.

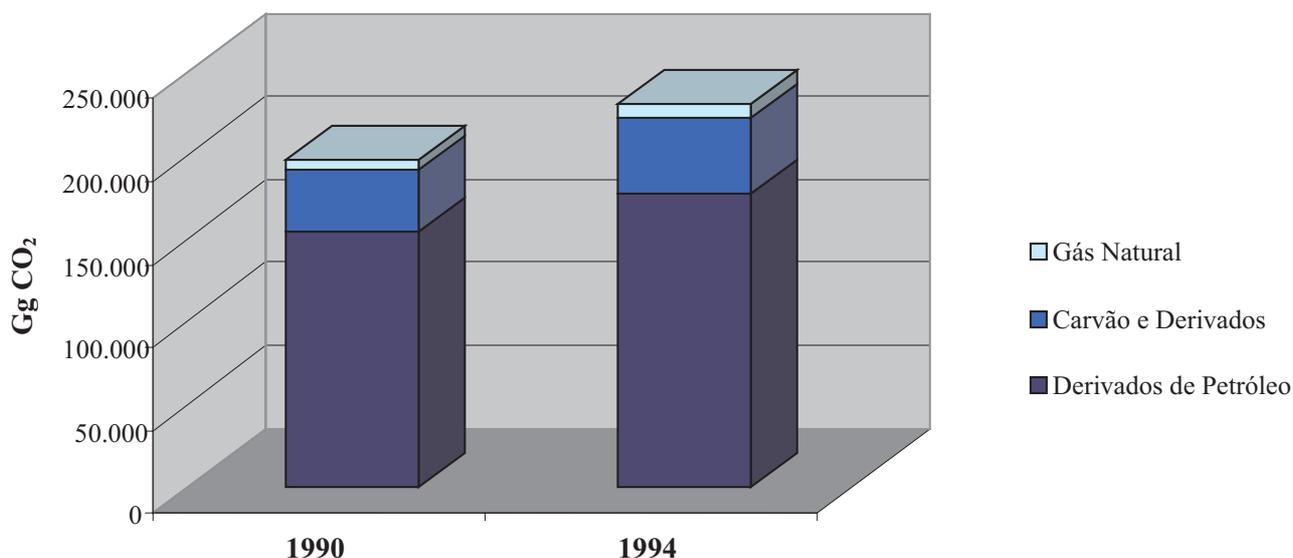
Para um consumo de energia final total<sup>1</sup> de 190.858 mil tep em 1994, as emissões foram de 231.408 Gg de  $\text{CO}_2$ , 12.266 Gg de  $\text{CO}$ , 293 Gg de  $\text{CH}_4$ , 1.601 Gg de  $\text{NO}_x$ , 8,7 Gg de  $\text{N}_2\text{O}$  e 1.169 Gg de NMVOC.

Em termos de  $\text{CO}_2$ , em 1994, o combustível responsável pela maior quantidade de emissões foi o Óleo Diesel (75.067 Gg de  $\text{CO}_2$ ) e o setor que mais emitiu foi o Transporte Rodoviário (83.302 Gg de  $\text{CO}_2$ ).

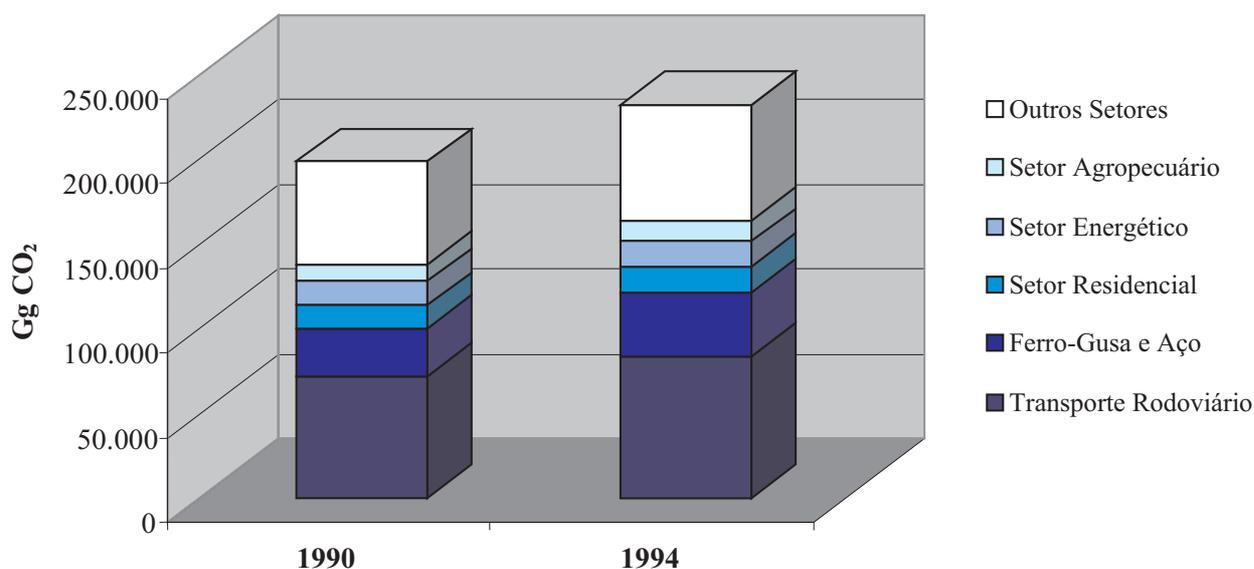
Os outros combustíveis e setores mais relevantes em termos de emissões de  $\text{CO}_2$ , em 1990 e em 1994, encontram-se nas figuras a seguir. O crescimento das emissões totais de  $\text{CO}_2$ , no período de 1990 a 1994, foi de 17%.

<sup>1</sup> Incluída neste total está a hidreletricidade

**Figura I** – Emissões de CO<sub>2</sub> pela queima de combustíveis fósseis, por combustível



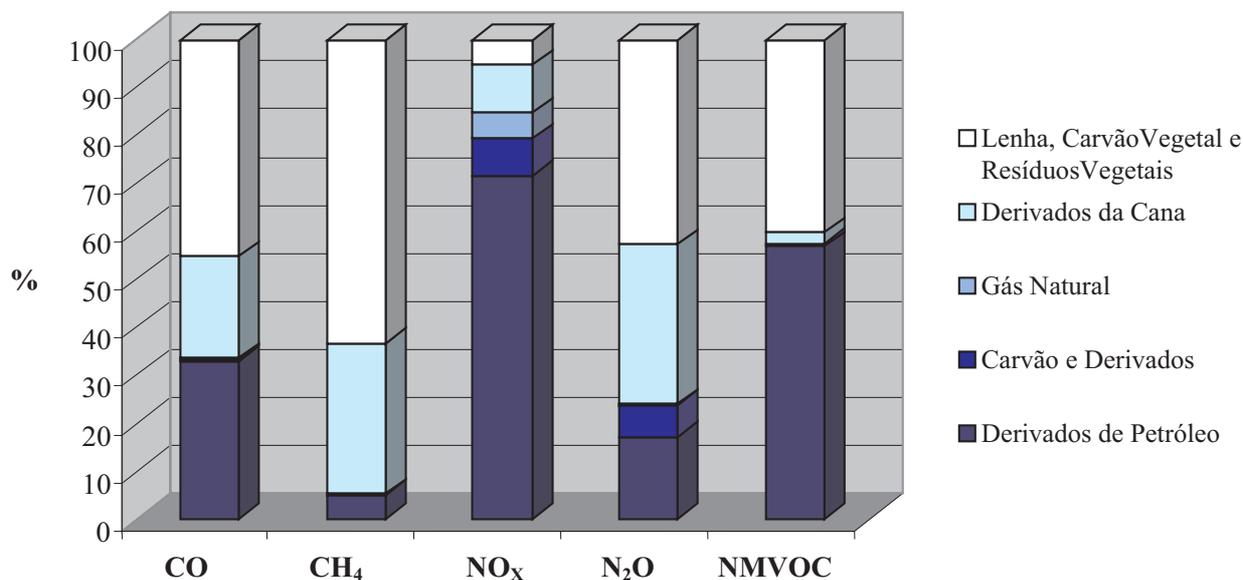
**Figura II** – Emissões de CO<sub>2</sub> pela queima de combustíveis fósseis, por setor



As figuras a seguir apresentam as emissões de gases não-CO<sub>2</sub> dos principais combustíveis e setores para o ano de 1994. Somente o CH<sub>4</sub> e o N<sub>2</sub>O são gases de efeito estufa direto. Os outros gases inventariados são chamados gases precursores porque apesar de não serem gases de efeito estufa interferem indiretamente no efeito dos gases de efeito estufa na atmosfera. As emissões estão expressas em termos percentuais para que possam ser comparadas. As unidades de referência são as emissões totais de cada gás para o ano de 1994.

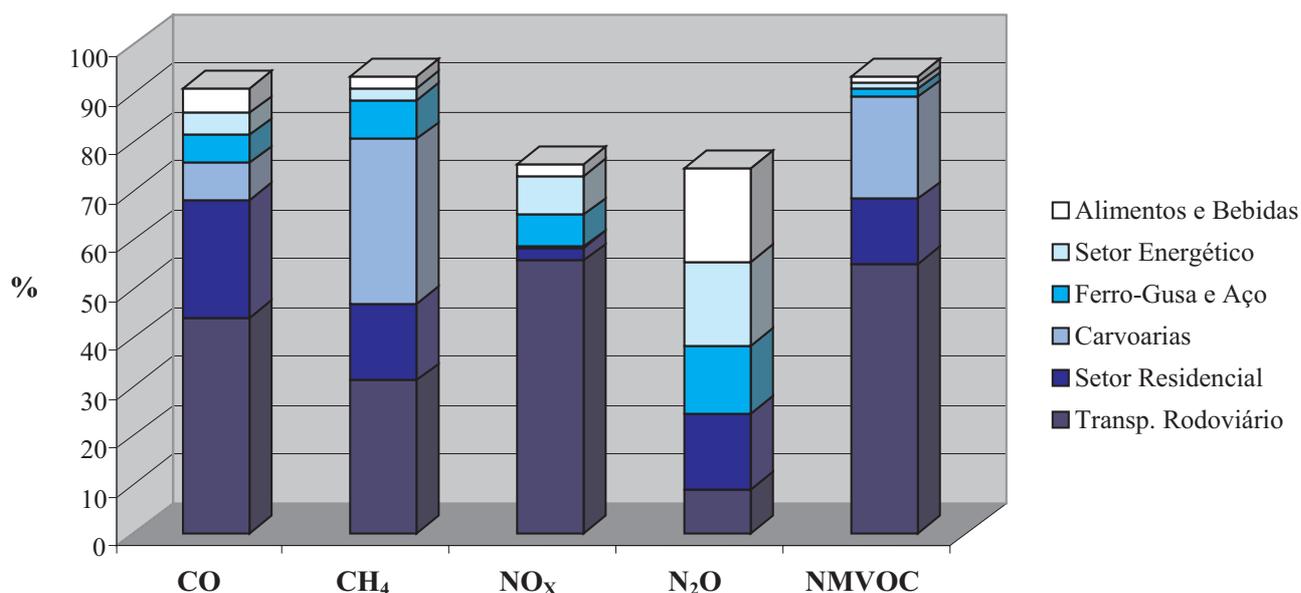
Pode-se afirmar que as emissões de CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O estão predominantemente associadas a quatro combustíveis: a Lenha, o Bagaço, o Álcool Etílico e o Carvão Vegetal. Apenas os quatro combustíveis juntos respondem por 96% das emissões de CH<sub>4</sub> e de 73% das emissões de N<sub>2</sub>O. Incluindo o Óleo Diesel, a Gasolina e o Óleo Combustível, atinge-se praticamente 100% das emissões de quase todos os gases.

**Figura III** – Emissões de gases de efeito estufa, exceto CO<sub>2</sub>, pela queima de combustíveis em 1994, por combustível



A mesma análise realizada para as emissões setoriais revela uma concentração ainda mais acentuada em somente três setores, a saber, no Transporte Rodoviário, no Setor Residencial e nas Carvoarias. Somente para o gás N<sub>2</sub>O a distribuição é distinta, apresentando emissões significativas também nos setores de Alimentos e Bebidas, Ferro-Gusa e Aço e Energético.

**Figura IV** – Emissões de gases de efeito estufa, exceto CO<sub>2</sub>, pela queima de combustíveis em 1994, por setor



O fato de as emissões de gases de efeito estufa estarem relativamente concentradas em alguns combustíveis e setores permitirá que as ações de mitigação se concentrem igualmente em algumas utilizações setoriais de combustível.

## 1 Introdução

Este relatório apresenta os resultados dos cálculos das emissões de gases de efeito estufa, CO<sub>2</sub> e não-CO<sub>2</sub>, pela abordagem *bottom-up*, para o período de 1990 a 1994.

O Capítulo 2 deste trabalho descreve, sucintamente, o sistema energético brasileiro, enfatizando suas características particulares, como a utilização de fontes renováveis de energia.

No Capítulo 3, são apresentadas as estimativas das emissões de CO<sub>2</sub> derivadas do consumo de combustíveis fósseis, no sistema energético brasileiro, nos anos de 1990 a 1994, por combustível e por setor de consumo.

No Capítulo 4, são apresentadas as estimativas das emissões dos gases não-CO<sub>2</sub> provenientes do consumo de combustíveis fósseis e da biomassa. Os resultados são apresentados por combustível, setor de consumo e tecnologia.

O Anexo I apresenta a metodologia utilizada, neste relatório, para o cálculo das emissões de gases de efeito estufa.

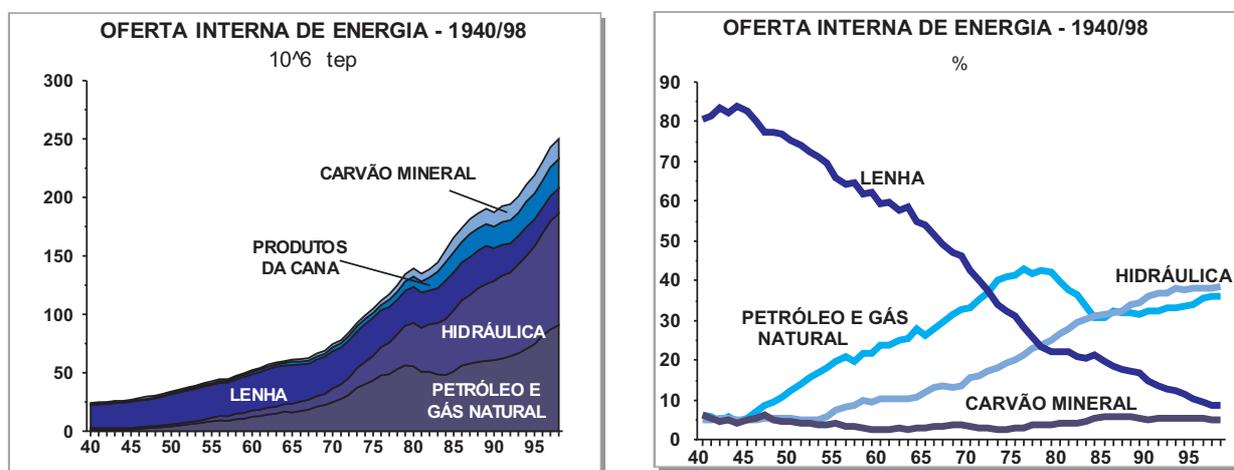
O Anexo II apresenta as planilhas detalhadas, contendo os cálculos realizados.

## 2 Sistema Energético Brasileiro

Neste capítulo, toda a análise energética é baseada no Balanço Energético Nacional (BEN), seguindo sua nomenclatura para combustíveis, setores e subsetores. Para os capítulos subsequentes, houve a necessidade de adaptações nos dados do BEN para enquadramento na metodologia do IPCC, o que será oportunamente informado.

A matriz energética brasileira é caracterizada pela significativa participação das fontes renováveis, a saber: a Lenha, o Carvão Vegetal, a Energia Hidráulica, o Bagaço e o Alcool Etílico de cana-de-açúcar. A evolução da oferta interna bruta<sup>2</sup> de energia a partir da década de 1940 encontra-se nas figuras abaixo.

**Figura 1** – Oferta Interna de Energia, de 1940 a 1998



A Tabela 1 apresenta a oferta interna bruta de energia, de origem renovável e não-renovável, no Brasil, nos anos de 1970, 1974, 1990 e 1994, e a Figura 2 apresenta a sua evolução temporal no período de 1974 a 1995. A Tabela 2 apresenta o consumo de energia final<sup>3</sup>, primária<sup>4</sup> e secundária<sup>5</sup>, nos anos 1970, 1974, 1990 e 1994, e as Figuras 3 e 4 apresentam a sua evolução no período de 1974 a 1995, em Mtep e percentual, respectivamente.

<sup>2</sup> Oferta interna bruta de energia - representa a quantidade de energia que se coloca à disposição no país para ser transformada e/ou consumida. O fator de conversão de energia hidráulica e eletricidade para tep utilizado: 1 MWh = 0,29 tep

<sup>3</sup> Energia final - produtos energéticos fornecidos ao usuário final para o atendimento de suas necessidades de consumo.

<sup>4</sup> Energia primária - produtos energéticos providos pela natureza, na sua forma direta.

<sup>5</sup> Energia secundária - produtos energéticos provenientes dos diversos centros de transformação de energia que têm como destino os setores de consumo ou outros centros de transformação.

**Tabela 1** – Oferta interna bruta de energia, por fonte

FONTE	Ano							
	1970		1974		1990		1994	
	Mtep <sup>a</sup>	%	Mtep <sup>a</sup>	%	Mtep <sup>a</sup>	%	Mtep <sup>a</sup>	%
<b>Oferta de Energia Primária</b>	<b>74,5</b>	<b>100,6</b>	<b>99,1</b>	<b>100,0</b>	<b>181,2</b>	<b>96,8</b>	<b>197,6</b>	<b>93,7</b>
<b>Energia Não-renovável</b>	<b>27,7</b>	<b>37,4</b>	<b>43,0</b>	<b>43,4</b>	<b>73,0</b>	<b>39,0</b>	<b>78,4</b>	<b>37,2</b>
Petróleo	25,2	34,0	40,0	40,3	59,3	31,6	61,8	29,3
Gás Natural	0,2	0,2	0,5	0,5	4,2	2,3	5,0	2,4
Carvão Vapor e Metalúrgico	2,4	3,2	2,5	2,5	9,5	5,1	10,2	4,8
Urânio - U <sub>3</sub> O <sub>8</sub>							1,3	0,6
<b>Energia Renovável</b>	<b>46,8</b>	<b>63,2</b>	<b>56,1</b>	<b>56,6</b>	<b>108,2</b>	<b>57,8</b>	<b>119,2</b>	<b>56,6</b>
Hidráulica <sup>b</sup>	11,5	15,6	19,0	19,2	59,9	32,0	70,4	33,4
Lenha	31,5	42,5	32,2	32,5	28,2	15,0	24,5	11,6
Produtos da Cana-de-Açúcar	3,5	4,8	4,5	4,6	17,9	9,6	21,3	10,1
Outras Primárias	0,2	0,3	0,3	0,3	2,1	1,1	3,0	1,4
<b>Oferta de Energia Secundária</b>	<b>-0,4</b>	<b>-0,6</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>6,1</b>	<b>3,2</b>	<b>13,2</b>	<b>6,3</b>
Derivados de Petróleo	-0,7	-0,9	-0,6	-0,6	-2,2	-1,2	3,7	1,7
Gás	-0,1	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Coque	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	1,0	0,5
Óxido de Urânio - UO <sub>2</sub>					0,6	0,3	-1,3	-0,6
Eletricidade <sup>b</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	7,7	4,1	9,2	4,4
Outras Secundárias	0,3	0,4	0,5	0,5	0,0	0,0	0,6	0,3
<b>Oferta Interna Bruta</b>	<b>74,0</b>	<b>100</b>	<b>99,2</b>	<b>100</b>	<b>187,3</b>	<b>100</b>	<b>210,8</b>	<b>100</b>

Fonte: (BEN,1998),

<sup>a</sup> 1 tep (1 tonelada equivalente de petróleo) = 45,22 GJ (com base no poder calorífico superior médio do petróleo consumido no Brasil)

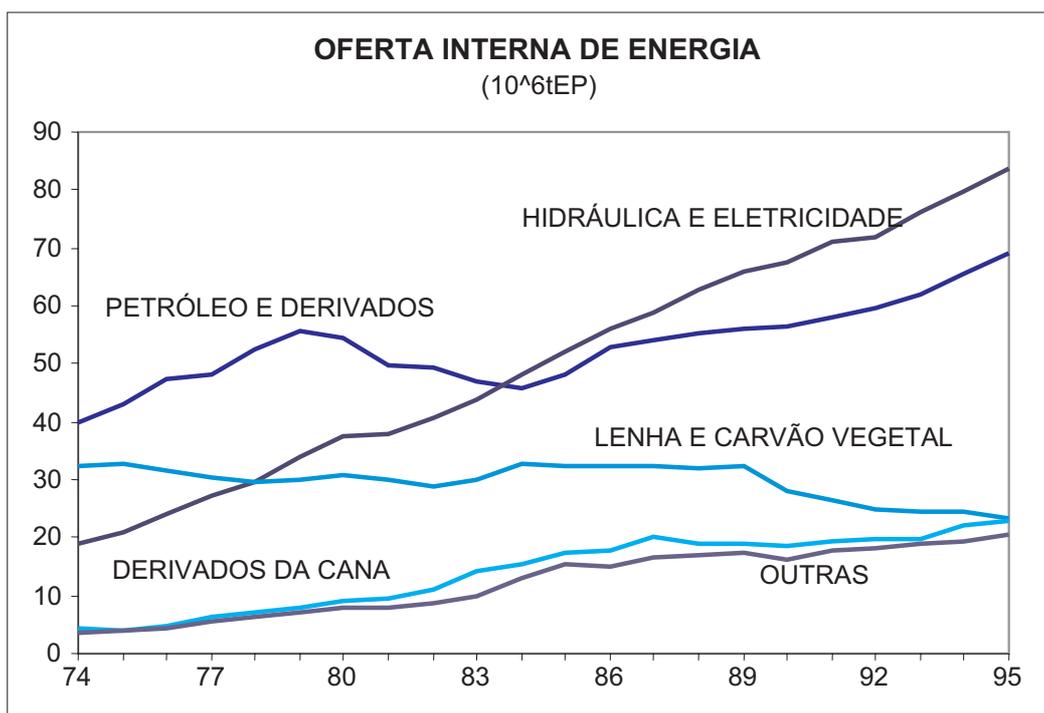
<sup>b</sup> Fator de conversão de energia hidráulica e eletricidade para tep: 1 MWh = 0,29 tep

**Tabela 2** – Consumo final de energia, por fonte

Fonte de Energia	Ano							
	1970		1974		1990		1994	
	Mtep	%	Mtep	%	Mtep	%	Mtep	%
<b>ENERGIA PRIMÁRIA</b>	<b>31,4</b>	<b>45,3</b>	<b>30,9</b>	<b>33,3</b>	<b>32,0</b>	<b>18,9</b>	<b>34,9</b>	<b>18,2</b>
Petróleo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gás Natural	0,1	0,1	0,3	0,4	3,0	1,8	3,7	1,9
Carvão Vapor e Metalúrgico	0,1	0,1	0,1	0,1	1,0	0,6	1,1	0,6
Lenha para Queima Direta	28,0	40,5	26,1	28,2	15,4	9,1	13,6	7,1
Produtos da Cana-de-Açúcar	3,1	4,5	4,1	4,4	11,1	6,5	14,3	7,5
Outras Primárias	0,1	0,2	0,3	0,3	1,5	0,9	2,2	1,1
<b>ENERGIA SECUNDÁRIA</b>	<b>37,8</b>	<b>54,7</b>	<b>61,9</b>	<b>66,7</b>	<b>137,5</b>	<b>81,1</b>	<b>156,0</b>	<b>81,8</b>
Óleo Diesel	5,3	7,6	8,8	9,5	20,3	12,0	23,2	12,1
Óleo Combustível	6,5	9,4	11,7	12,7	9,4	5,6	10,2	5,4
Gasolina	7,3	10,5	10,7	11,6	7,3	4,3	9,1	4,8
GLP	1,3	1,9	1,9	2,0	5,5	3,3	6,0	3,1
Nafta	0,0	0,0	1,0	1,1	4,8	2,8	5,9	3,1
Querosene	1,1	1,6	1,6	1,8	2,1	1,3	2,1	1,1
Gás	0,4	0,5	0,4	0,5	1,5	0,9	1,5	0,8
Coque	1,2	1,7	1,3	1,4	5,0	3,0	6,6	3,5
Urânio (UO <sub>2</sub> )	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Eletricidade	11,5	16,6	18,4	19,8	63,1	37,3	72,4	38,0
Carvão Vegetal	1,6	2,2	2,7	2,9	6,0	3,5	5,2	2,7
Álcool Etílico	0,3	0,4	0,3	0,3	6,2	3,6	7,0	3,7
Outras Secundárias de Petróleo	0,2	0,3	0,9	1,0	2,8	1,6	3,4	1,8
Não Energéticos de Petróleo	1,2	1,7	1,9	2,1	3,2	1,9	3,1	1,6
Alcatrão	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,3	0,1
<b>TOTAL</b>	<b>69,1</b>	<b>100,0</b>	<b>92,8</b>	<b>100,0</b>	<b>169,4</b>	<b>100,0</b>	<b>190,9</b>	<b>100,0</b>

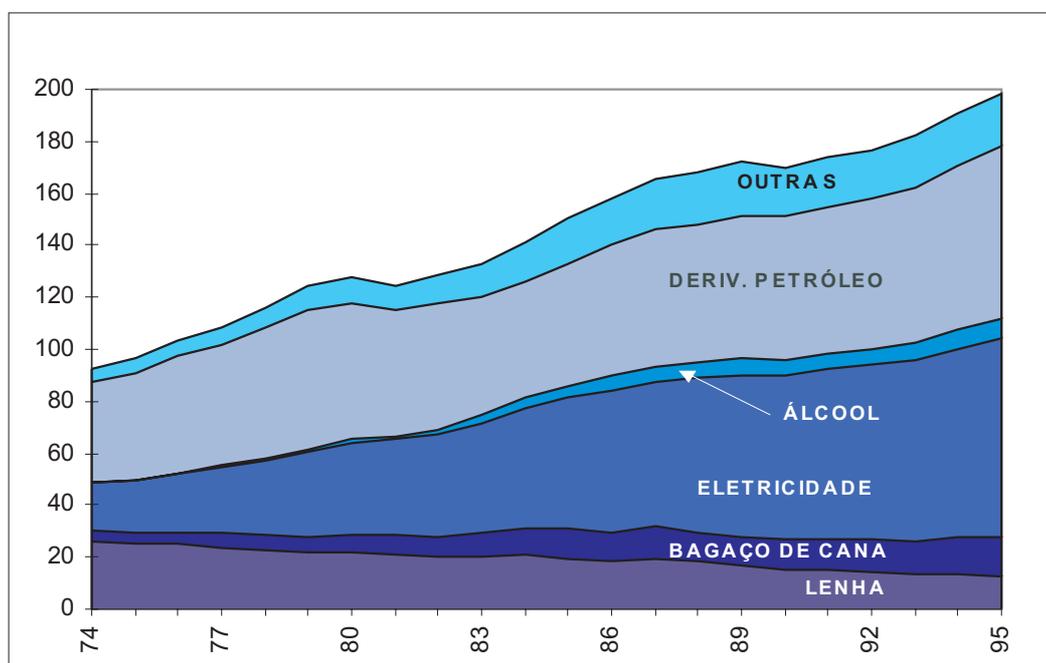
Fonte: (BEN,1998)

**Figura 2** – Oferta interna bruta de energia, por fonte - (Mtep)

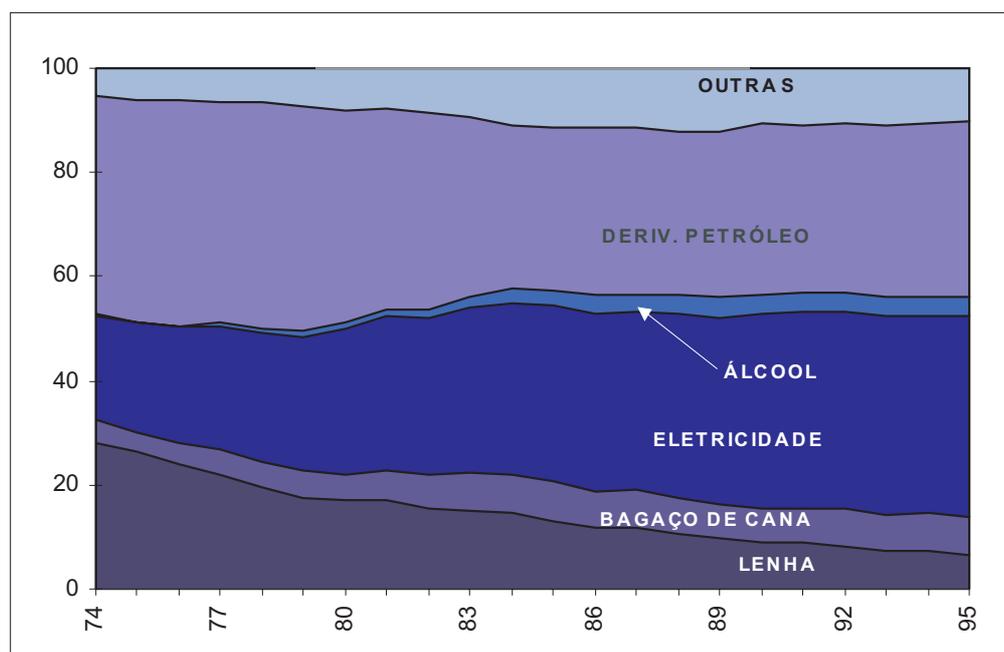


Fonte: (BEN, 1998)

**Figura 3** – Consumo final, por fonte - (Mtep)



Fonte: (BEN, 1998)

**Figura 4** – Consumo final, por fonte – (%)

Fonte: (BEN, 1998)

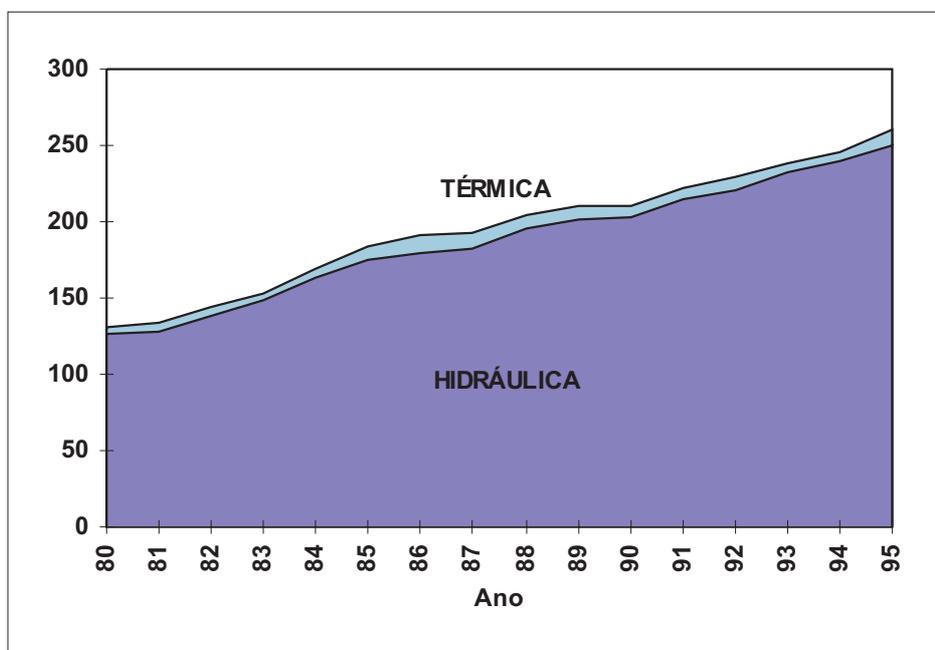
Até a década de 70, a Lenha, extraída basicamente de florestas nativas, representava a principal fonte energética do país, atendendo ao consumo dos setores Residencial (cocção de alimentos), Industrial (geração de vapor e calor direto), Agropecuário (secagem de grãos) e à produção de Carvão Vegetal. Em 1970, o uso da Lenha ainda era dominante, representando cerca de 43% da oferta interna bruta de energia e 40% do consumo final total de energia do país. Como consequência do quadro de exaustão das florestas nativas perto dos mercados consumidores e do aumento de consumo de outras fontes, a participação da Lenha na matriz energética declinou nas últimas décadas. Com a crise energética da década de 70, este declínio sofreu uma pequena desaceleração, resultante dos projetos de reflorestamento para a produção de Carvão Vegetal para a indústria siderúrgica. No início da década de 70, a oferta interna bruta de petróleo superou a da Lenha e, no terceiro quarto da década, foi a vez de a energia hidráulica superar a participação da Lenha como fonte primária. A Lenha, por sua vez, ocupou o terceiro lugar até 1996, quando também foi superada pelos derivados da cana.

Outra importante fonte primária na matriz energética nacional, a cana-de-açúcar, começou a aumentar sua participação a partir de 1975, quando foi iniciado o PROALCOOL, para incrementar a produção de Álcool Etílico Hidratado para uso automotivo. Entre o ano de implantação do PROALCOOL e 1989, a oferta interna bruta de produtos energéticos da cana-de-açúcar cresceu numa taxa média de 11%, atendendo também à demanda de Bagaço utilizado nas usinas de álcool e na indústria. Nesse período, a produção de Álcool Etílico cresceu a uma taxa média anual de cerca de 24%. Após 1989, a produção manteve-se estagnada, resultado da combinação da queda do preço internacional do petróleo e da falta de políticas de incentivos à produção e ao uso desse combustível renovável. Além do Álcool Etílico, a cana-de-açúcar também produz o Bagaço, que supre hoje cerca de 7 a 8% do consumo energético final brasileiro. O consumo de Álcool Etílico atingiu o seu pico em 1989, quando alcançou 20% da energia

total utilizada pelo Setor de Transportes e 40% do consumo de combustível dos veículos leves. Na época, os carros a álcool chegaram a participar com 90% nas vendas de veículos leves novos.

A energia hidráulica ganhou impulso na década de 60, com a participação estatal no setor elétrico, através da construção de grandes hidrelétricas. A partir de então, a oferta bruta de energia de origem hidráulica cresceu a taxas médias anuais muito altas, 12,5% na década de 1970, 6,1% na década de 1980 e 4,2% entre 1990 e 1994 (contabilizando-se nestes dois últimos períodos, a parcela de energia importada da participação paraguaia na UHE de Itaipu). Na primeira metade da década de 80, a energia hidráulica tornou-se a principal fonte de energia primária, ultrapassando a participação do petróleo na matriz energética. Em 1994, a energia hidráulica já representava 33% da oferta interna bruta total de energia, sendo responsável por 97% do suprimento de Eletricidade no país. Nesse mesmo ano, a Eletricidade atendeu a 38% do consumo final energético do país.

**Figura 5** – Geração de Eletricidade (TWh)



Fonte: (BEN, 1998)

A principal fonte primária não-renovável empregada no país é o petróleo, com 72% das fontes fósseis em 1994. A intensificação do uso do petróleo no país deve-se a duas principais causas. A primeira é decorrente da expansão do parque industrial nacional, no período entre a II Guerra Mundial e o segundo choque do petróleo, quando o país experimentou um desenvolvimento econômico acelerado, baseado numa estratégia de substituição das importações, com taxas de crescimento médio anual de 7%. A segunda causa decorre da opção pelo transporte rodoviário, no escoamento da produção e nos transportes de massa e individual, este último influenciado pelos crescentes índices de urbanização do país e pela ineficiência dos transportes coletivos.

A utilização do carvão mineral no Brasil compreende o Carvão Vapor, totalmente produzido no país, e o Carvão Metalúrgico, atualmente quase todo importado, destinado ao setor siderúrgico. O Carvão Vapor

brasileiro, utilizado predominantemente na geração termelétrica e na indústria, possui baixo poder calorífico, alto teor de cinzas (em torno de 50%) e média quantidade de enxofre (de 2 a 4%). O alto teor de cinzas inviabiliza o seu transporte de forma econômica para longas distâncias, restringindo o seu consumo às localidades próximas a sua ocorrência. Na geração termelétrica, seu uso é restrito a usinas que operam em regime de complementação no sistema elétrico interligado, em períodos hídricos desfavoráveis, contribuindo com menos de 3% da geração elétrica total do país.

Com relação ao Gás Natural, a sua participação na matriz energética brasileira é considerada tímida, quando comparada com outros países: apenas 2,4% da oferta interna bruta de energia e 1,5% da energia final consumida, em 1994. Devido a grande parte do Gás Natural extraído no país ser associada ao petróleo, sua produção sempre dependeu da extração do petróleo e sua oferta, enquanto fonte energética, de políticas da Petrobrás. Em 1970, era aproveitado apenas 14% do Gás Natural produzido, sendo o restante reinjetado nos poços ou queimado nos *flares* das plataformas de petróleo. Esse índice de aproveitamento foi gradualmente aumentando, tendo chegado a 70% em 1990. Dada a produção insuficiente para atender à demanda crescente dos setores Residencial, Industrial e da geração termelétrica, espera-se uma complementação correspondente com o Gás Natural da Bolívia e da Argentina.

Parte da energia consumida no Brasil é importada. Existe uma forte dependência nacional do petróleo importado. Em 1970, o petróleo importado representava cerca de 24% da oferta interna bruta de energia do país e 69% da demanda total de petróleo. Entre 1970 e 1990, a dependência externa de energia foi máxima em 1978, quando as importações de petróleo atingiram 36% da oferta interna bruta de energia (BEN, 1998) e 85% de todo o petróleo consumido no país. A partir de 1978, as importações de petróleo começaram a declinar em função da combinação dos resultados do PROALCOOL, dos programas governamentais de substituição de Óleo Combustível por Eletricidade, na indústria, e do início da intensificação, por parte da Petrobras, da exploração das reservas nacionais de petróleo, especialmente as reservas *offshore* de águas profundas. Em 1985, este conjunto de ações já havia permitido as importações de petróleo diminuírem à metade e a dependência externa de energia se reduzir para 16%. Após 1985, com a redução dos preços internacionais do petróleo a dependência externa voltou a aumentar atingindo 26% em 1994.

**Tabela 3 – Dependência externa de energia**

Fonte	Ano								
	1970			1990			1994		
	Produção (Mtep)	Importação <sup>a</sup> (Mtep)	Dependência <sup>b</sup> (%)	Produção (Mtep)	Importação <sup>a</sup> (Mtep)	Dependência <sup>b</sup> (%)	Produção (Mtep)	Importação <sup>a</sup> (Mtep)	Dependência <sup>b</sup> (%)
Petróleo <sup>c</sup>	8,0	17,4	68,5	31,9	26,9	45,7	33,8	38,0	52,9
Carvão Metalúrgico <sup>d</sup>	0,5	1,5	75,3	0,3	7,8	96,1	0,4	9,8	96,4
Eletricidade <sup>e</sup>	13,3	0,0	0,0	64,6	7,7	10,6	75,6	9,2	10,8
<b>Energia Total<sup>f</sup></b>	<b>57,1</b>	<b>18,9</b>	<b>24,9</b>	<b>148,1</b>	<b>43,0</b>	<b>22,5</b>	<b>162,3</b>	<b>57,8</b>	<b>26,2</b>

Fonte: (BEN, 1998)

<sup>a</sup> Importações líquidas

<sup>b</sup> Dependência = Importação / (Produção + Importação)

<sup>c</sup> A importação de petróleo inclui petróleo cru e derivados

<sup>d</sup> A importação de Carvão Metalúrgico inclui também Coque importado. Na contabilização energética do Coque importado, é feita a equivalência de 1 tep de coque = 1,4 tep de Carvão Metalúrgico. A constante 1,4 foi obtida a partir da energia contida na quantidade de Carvão Metalúrgico necessária para produzir 1 tep de coque, determinada por informações do BEN.

<sup>e</sup> A produção de Eletricidade inclui todas as formas de transformação de energia em eletricidade. A importação refere-se somente à geração hidrelétrica de Itaipu Binacional.

<sup>f</sup> Energia Total: a produção refere-se apenas a produtos energéticos primários domésticos; a importação inclui produtos energéticos primários e secundários

## 2.1 Consumo de energia por setor

Parte da energia ofertada no país não é consumida diretamente e destina-se aos centros de transformação, onde a energia que entra, primária ou secundária, é convertida em uma ou mais formas de energia secundária. Da energia que vai para o consumo final, uma pequena parte é utilizada como matéria-prima na fabricação de produtos não energéticos, como no caso da Nafta para a petroquímica, do Asfalto e dos Lubrificantes. Desta forma, classifica-se o consumo final de energia como energético ou não energético. A Tabela 4 apresenta a distribuição do consumo final da energia no Brasil. No ano de 1994, do consumo final total de energia, de aproximadamente 191 Mtep, apenas cerca de 5,6% destinaram-se ao Consumo Não Energético. No período 1970 a 1994, o consumo final total de energia do país cresceu cerca de 180%, apresentando uma taxa média anual de 4,3%.

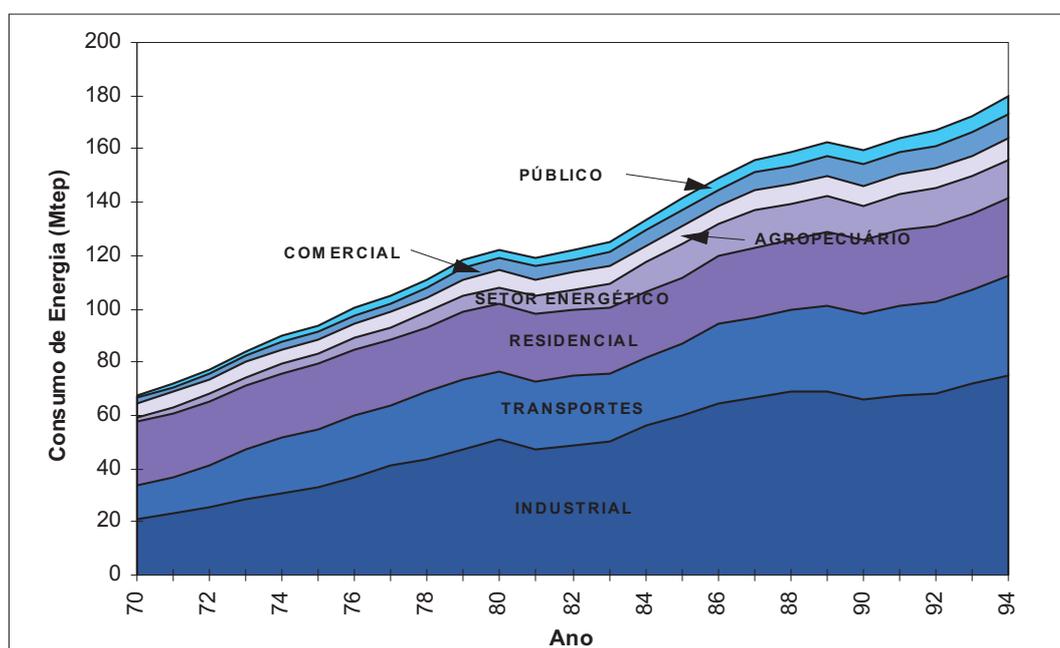
**Tabela 4** – Consumo final de energia, por setor

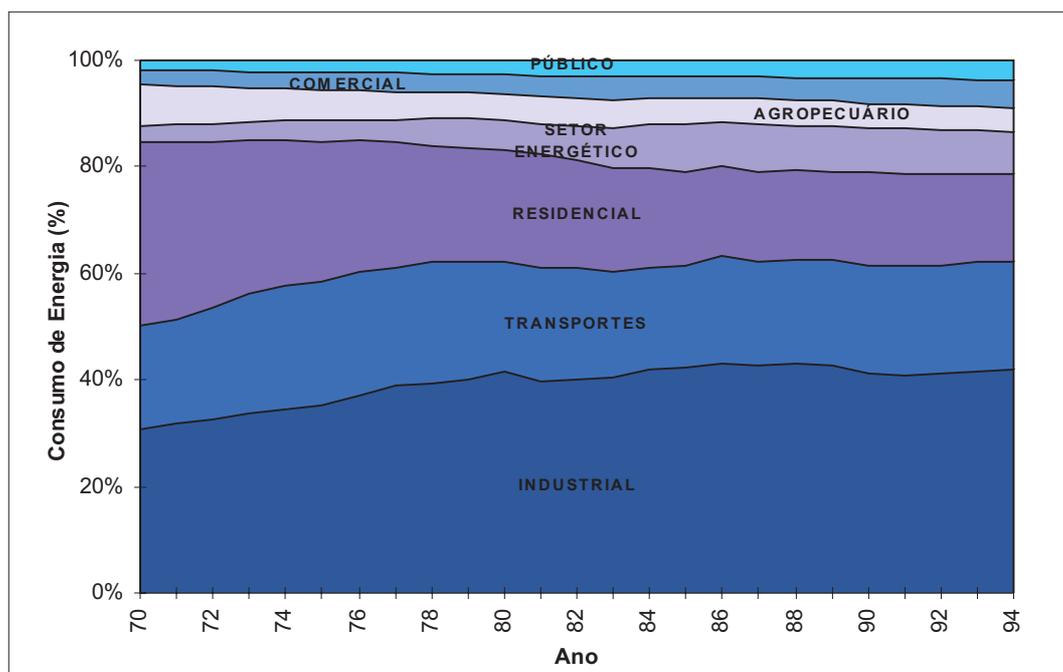
Setor	Ano							
	1970		1974		1990		1994	
	Mtep	%*	Mtep	%*	Mtep	%*	Mtep	%*
<b>Consumo Final Energético</b>	<b>67,6</b>	<b>97,9</b>	<b>89,6</b>	<b>96,5</b>	<b>159,7</b>	<b>94,3</b>	<b>180,2</b>	<b>94,4</b>
Industrial	20,9	30,9	31,0	34,6	65,7	41,1	75,3	41,8
Transportes	13,0	19,2	20,5	22,9	32,3	20,2	36,9	20,5
Residencial	23,5	34,8	24,5	27,3	27,7	17,3	29,1	16,1
Comercial	1,9	2,8	2,8	3,2	7,8	4,9	9,1	5,0
Público	1,1	1,6	1,9	2,1	5,4	3,4	6,9	3,8
Energético	1,9	2,8	3,4	3,8	13,2	8,3	14,9	8,2
Agropecuário	5,3	7,8	5,4	6,1	7,3	4,6	8,2	4,5
Outros Consumos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,2	0,0	0,0
<b>Consumo Final Não Energético</b>	<b>1,4</b>	<b>2,1</b>	<b>3,2</b>	<b>3,5</b>	<b>9,7</b>	<b>5,7</b>	<b>10,7</b>	<b>5,6</b>
<b>Consumo Final Total</b>	<b>69,0</b>	<b>100,0</b>	<b>92,8</b>	<b>100,0</b>	<b>169,4</b>	<b>100,0</b>	<b>190,9</b>	<b>100,0</b>

Fonte: (BEN, 1996)

\* Os percentuais indicados para os consumos finais energéticos dos setores econômicos foram calculados relativamente ao consumo final energético.

Os maiores consumidores finais de energia são os setores Industrial, Transportes e Residencial, que, em 1994, foram responsáveis, respectivamente, por cerca de 42%, 22% e 16% do consumo final energético do país. As participações relativas dos setores Residencial e Agropecuário no consumo final de energia decresceram desde 1970, enquanto as participações dos setores Comercial e Industrial tiveram um aumento expressivo. Esse fato é o reflexo das mudanças estruturais da economia do país na estrutura de consumo de energia. No caso do Setor Industrial, o aumento de seu consumo deve-se não apenas ao crescimento da sua produção, mas também à introdução de indústrias energo-intensivas no país, tais como as indústrias de alumínio, de papel e celulose e siderúrgicas.

**Figura 6** – Consumo de energia, por setor



Fonte: (BEN, 1996)

### 2.1.1 Consumo Final de Energia no Setor Industrial

O consumo energético do Setor Industrial cresceu a uma taxa média anual de 5,5% no período de 1970 a 1994. Atualmente os maiores consumidores finais de energia do Setor Industrial são os subsetores de Ferro-Gusa e Aço e de Alimentos e Bebidas, que, em 1994, foram responsáveis, respectivamente, por 22% e 18% do consumo final de energia do Setor Industrial.

Desde o início da década de 70, diversas fontes energéticas vêm deslocando o Óleo Combustível nos usos energéticos do Setor Industrial. A Eletricidade, especialmente, foi a fonte de energia cuja participação relativa mais cresceu: de 27% do consumo final total, em 1970, para quase 50%, em 1994. Neste período, o seu consumo aumentou a uma taxa anual de cerca de 8%, passando de 5,7 para 36,5 Mtep, enquanto a participação do Óleo Combustível decresceu de 24%, em 1970, para apenas 10%, em 1994.

O consumo de Bagaço aumentou em 129% (3,5% a.a.), entre 1970 e 1994, passando de 3,0 Mtep para 6,9 Mtep. Esse aumento resultou do crescimento da produção de cana do subsetor sucro-alcooleiro, que passou a empregar mais eficientemente o Bagaço como fonte de calor indireto no seu processo produtivo e na comercialização de excedentes, *in natura* ou na forma de briquetes, como combustível nas indústrias localizadas próximas às usinas de açúcar e álcool. Apesar dessas transformações, o Bagaço teve sua participação relativa no consumo energético industrial reduzida de 14%, em 1970, para 9%, em 1994. Essa redução é justificada por seu uso se restringir às destilarias de álcool, usinas de açúcar e às indústrias nas suas proximidades.

A Lenha, outro energético importante para o Setor Industrial, vem perdendo mercado para outros energéticos. Esse fato deve-se à escassez crescente de Lenha nativa e ao uso mais conveniente de outras formas de energia, tais como o GLP, a Eletricidade ou o próprio Óleo Combustível. Sua participação

relativa que era de cerca de 24%, em 1970, caiu para apenas 7%, em 1994, vindo a se tornar o quinto energético de maior consumo industrial. Seu consumo de 4,1 Mtep, em 1970, cresceu a uma taxa anual de 0,9% no período de 1970 a 1994, atingindo seu consumo máximo, de 6,6 Mtep, em 1986, decaindo desde então.

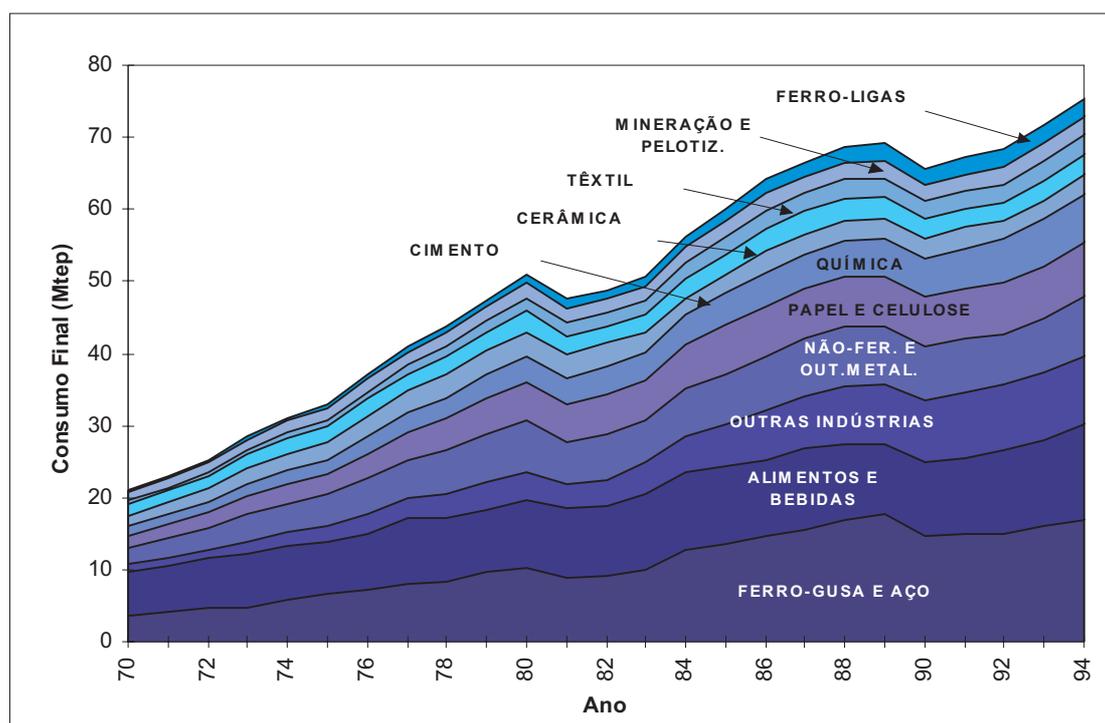
O coque de Carvão Metalúrgico teve sua participação relativa aumentada de 6% em 1970, para 9%, em 1994, como consequência do crescimento nacional da produção de Ferro-Gusa e Aço. Este crescimento de consumo foi acelerado no início da década de 90, quando se reduziram as barreiras à importação do Carvão Metalúrgico, época em que o consumo de coque ultrapassou o consumo de Carvão Vegetal.

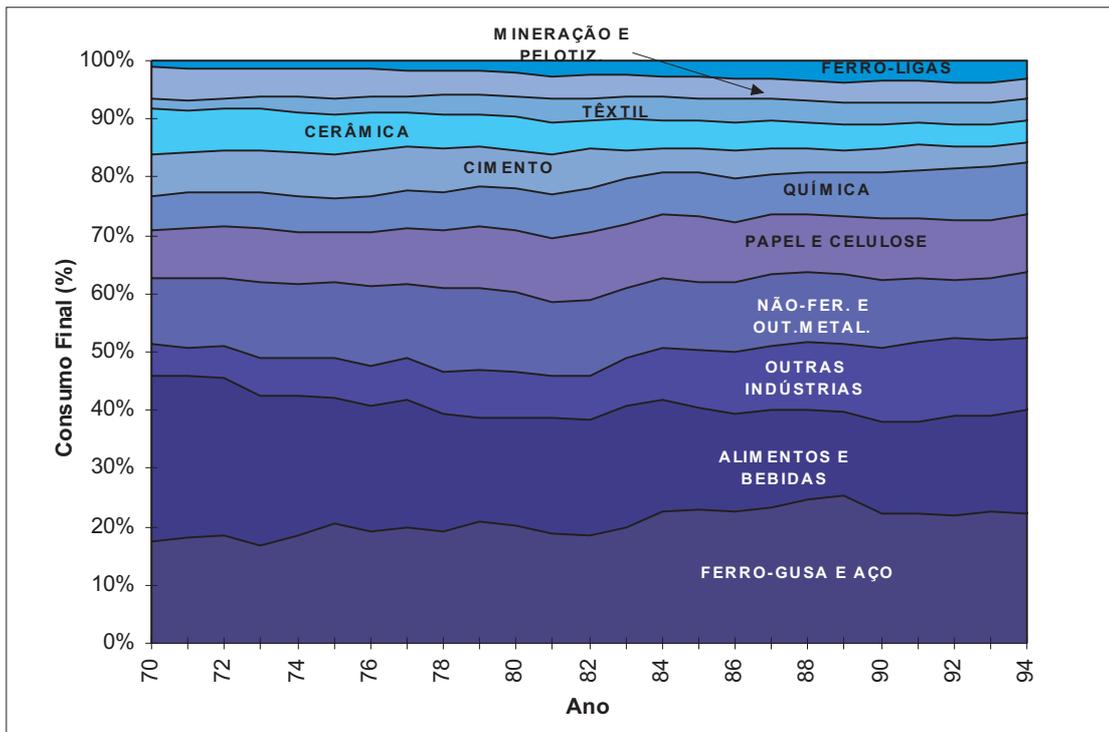
O consumo de Carvão Vegetal também sofreu um acréscimo significativo entre 1970 e 1994. Até 1989, seu consumo cresceu a uma taxa média anual de 10%, como decorrência dos projetos de implantação de florestas energéticas pelo setor siderúrgico e das restrições às importações de Carvão Metalúrgico. A partir de 1990, com a queda das barreiras à importação do Carvão Metalúrgico e a falta de incentivo à produção de Lenha renovável, seu consumo declinou.

Cabe ainda destacar a crescente participação do Gás Natural no Setor Industrial, cujo consumo ainda é pequeno em função da reduzida produção nacional, mas que deverá aumentar bastante no futuro próximo.

As Figuras 7 e 8 apresentam, respectivamente, a evolução do consumo de cada um dos subsetores do Setor Industrial e das diversas fontes de energia.

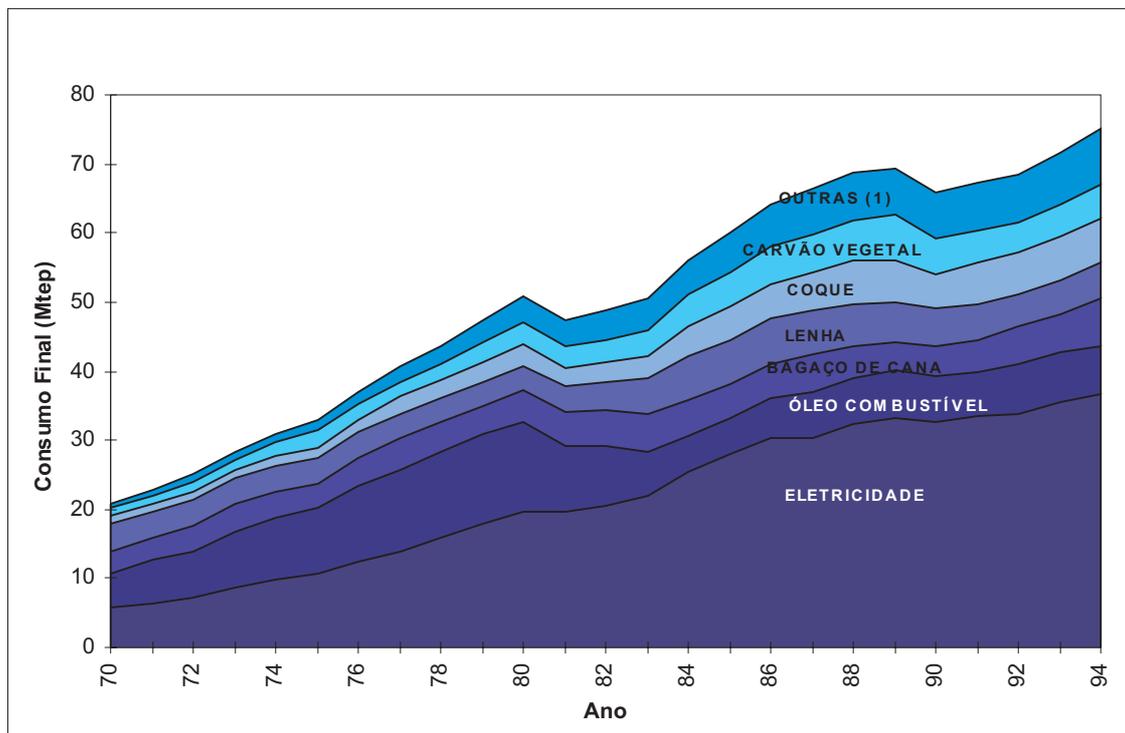
**Figura 7** – Evolução do consumo final de energia, por subsetores do Setor Industrial



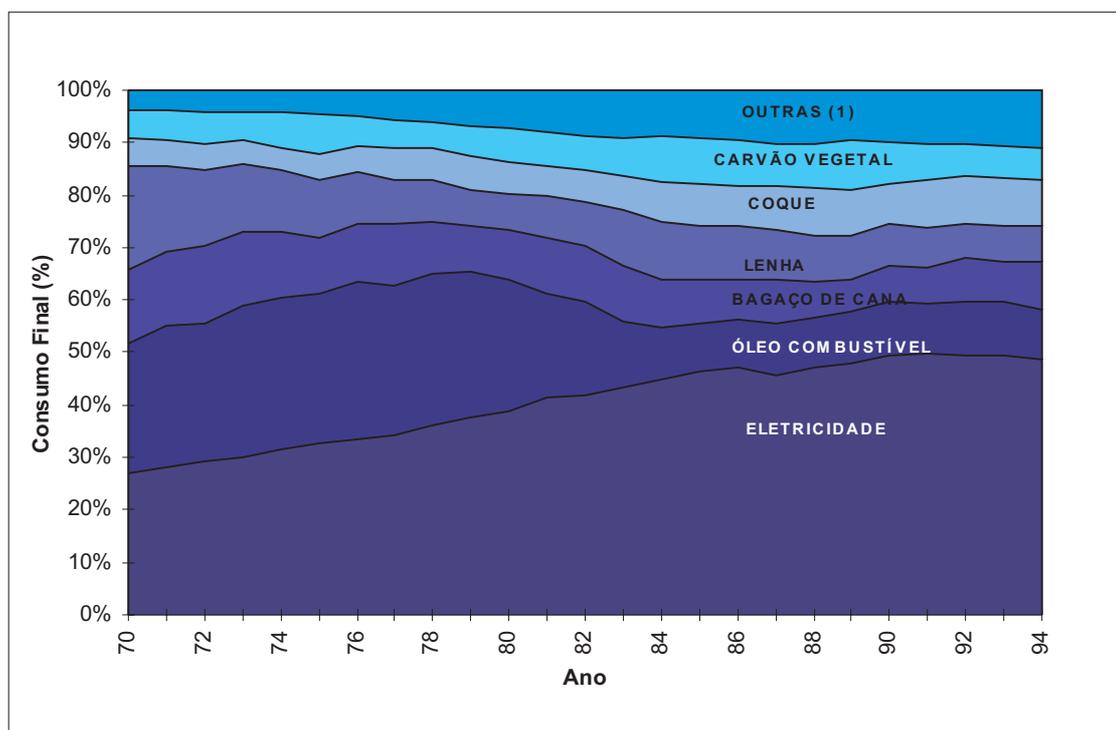


Fonte: (BEN, 1996)

**Figura 8** – Evolução do consumo final de energia no Setor Industrial, por fontes



cont.



Fonte: (BEN, 1996)

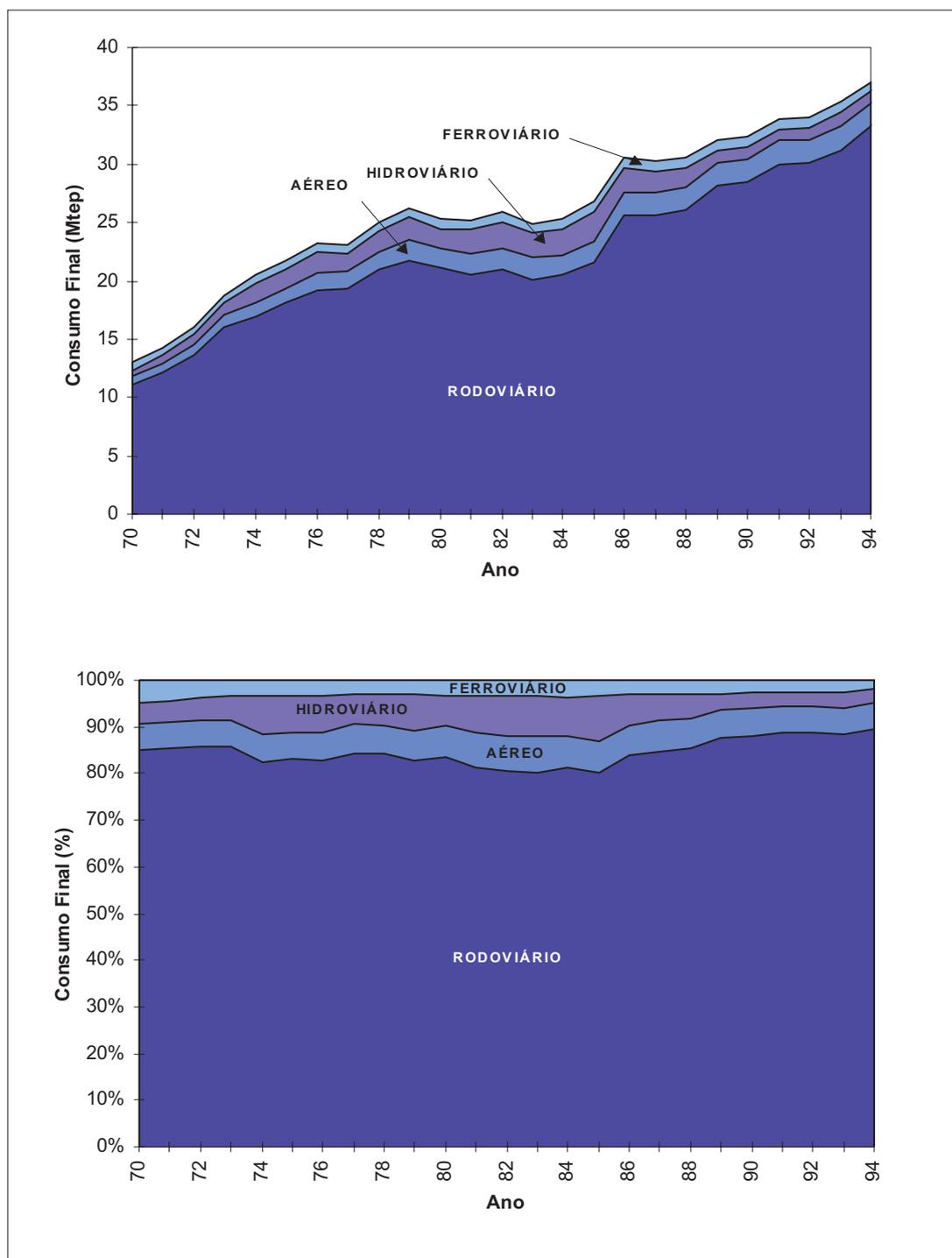
(1) Inclui Gás Natural, carvão mineral, outras fontes primárias renováveis, Óleo Diesel, GLP, Gás Canalizado, Outras Secundárias de Petróleo e Alcatrão

### 2.1.2 Consumo final de energia no Setor de Transportes

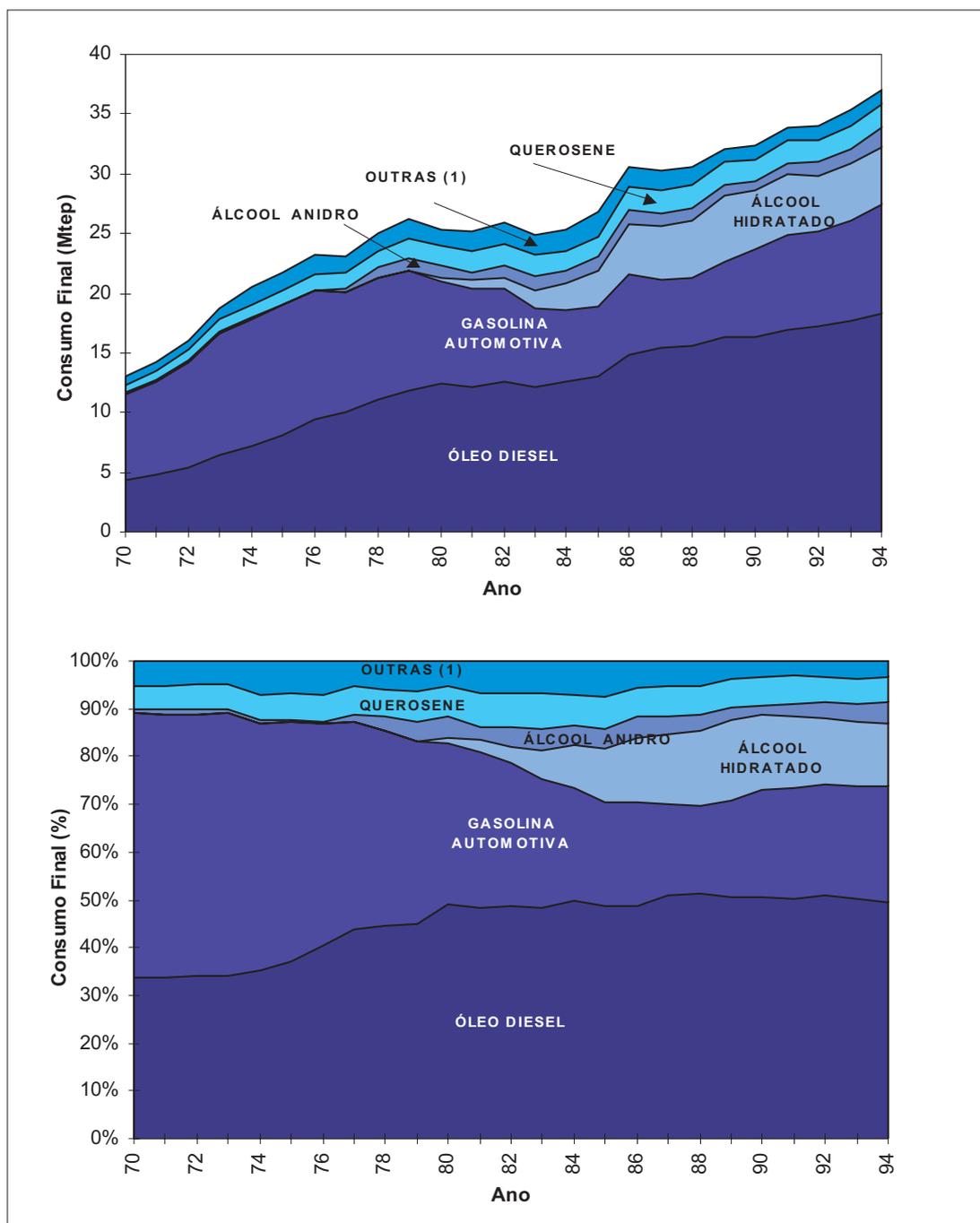
O consumo energético do Setor de Transportes aumentou a uma média anual de 4,5% entre 1970 e 1994. Nesse ano, o modo de Transporte Rodoviário foi o maior consumidor de energia do Setor de Transportes, com 89% do consumo do setor. Esse fato decorre da opção nacional pelo transporte rodoviário no escoamento da produção, nos transportes de massa e individual, este último influenciado pelos crescentes índices de urbanização do país e pela ineficiência dos transportes coletivos.

As principais fontes de energia consumidas foram o Óleo Diesel, a Gasolina automotiva e os Álcoois Anidro (adicionado à Gasolina) e Hidratado, que, em 1994, representaram, respectivamente, cerca de 50%, 25% e 17% do consumo. As demais fontes de energia permanecem num patamar inferior a 5% do consumo total do setor.

**Figura 9** – Evolução do consumo final de energia, por subsetores do Setor de Transportes



Fonte: (BEN, 1996)

**Figura 10** – Evolução do consumo final de energia no Setor de Transportes, por fontes

Fonte: (BEN, 1996)

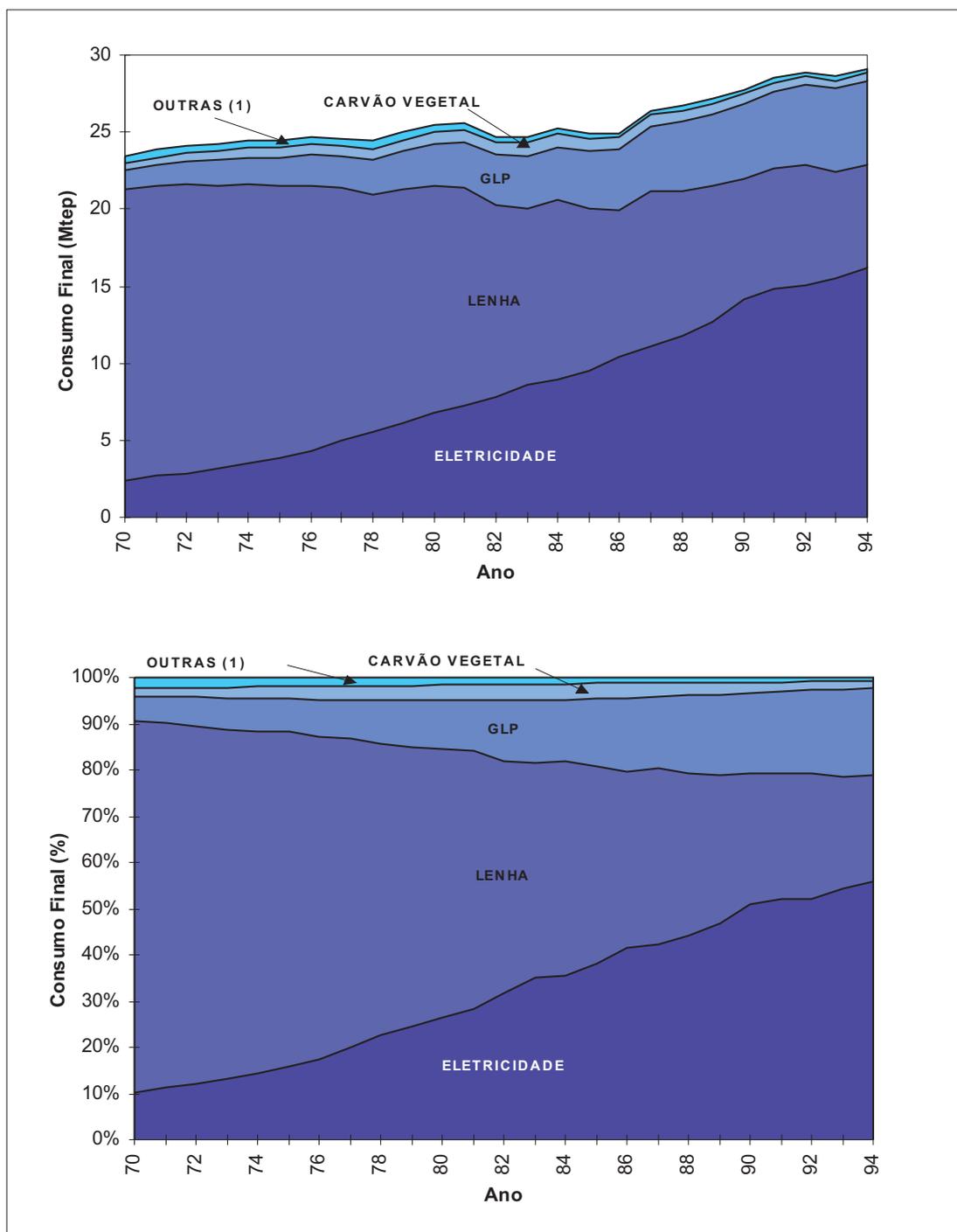
(1) Inclui Gás Natural, Carvão Vapor, Lenha, Óleo Combustível, Gasolina de Aviação, Eletricidade e Outras Secundárias de Petróleo.

### 2.1.3 Consumo final de energia no Setor Residencial

O consumo energético do Setor Residencial cresceu à taxa média anual de 0,9% entre 1970 e 1994, o que representou um crescimento moderado, se comparado ao crescimento do consumo dos outros setores. De fato, o consumo residencial *per capita* decresceu de 0,25 para 0,19 tep/hab. Um dos principais fatores da sua queda deveu-se ao aumento do consumo de fontes de energia mais eficientes, tais como a Eletricidade e o GLP que deslocou a Lenha, o Querosene e o Carvão Vegetal.

Em 1994, a principal fonte de energia consumida neste setor foi a Eletricidade (55%), consumida principalmente nas áreas urbanas para iluminação, condicionamento de ambientes e força motriz, seguida da Lenha (22%), utilizada principalmente nas áreas rurais para cocção de alimentos e do GLP (19%), empregado principalmente na cocção de alimentos nas áreas urbanas. O Gás Natural iniciou fortemente a sua participação no setor, crescendo cerca de 550% no período de 1990 a 1994. Espera-se que ele venha a dominar o mercado urbano para os usos de cocção e aquecimento de água.

**Figura 11** – Evolução do consumo final de energia no Setor Residencial, por fontes



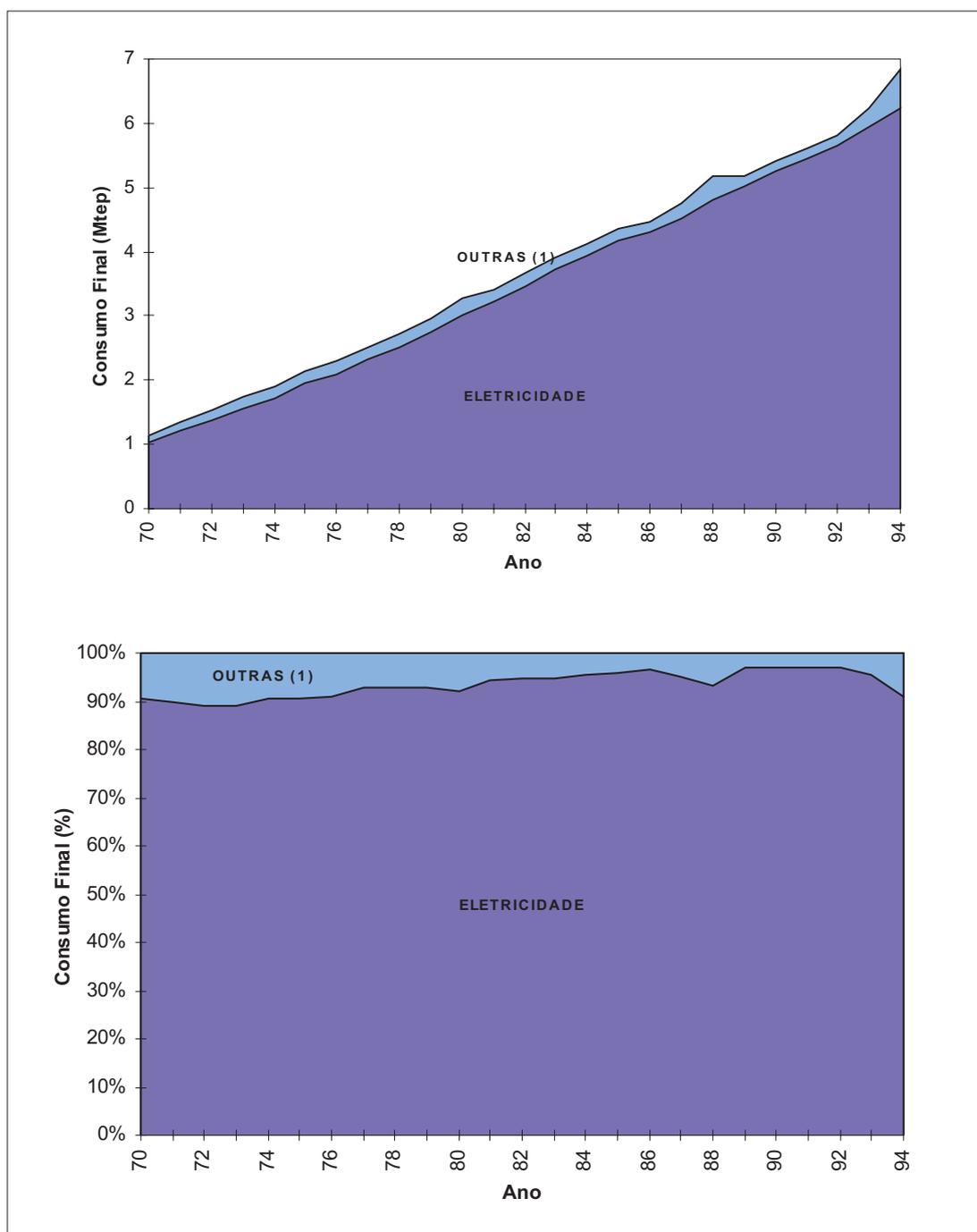
Fonte: (BEN, 1996)

(1) Inclui Gás Natural, Querosene e Gás Canalizado

### 2.1.4 Consumo final de energia no Setor Público

O consumo energético do Setor Público cresceu 469% entre 1970 e 1994 (cerca de 7,5% a.a.), aumentando de 1,14 Mtep para 6,83 Mtep no período. O consumo energético do setor baseia-se quase exclusivamente na Eletricidade que, em 1994, representou 91% do consumo total.

**Figura 12** – Evolução do consumo final de energia no Setor de Público, por fontes



Fonte: (BEN, 1996)

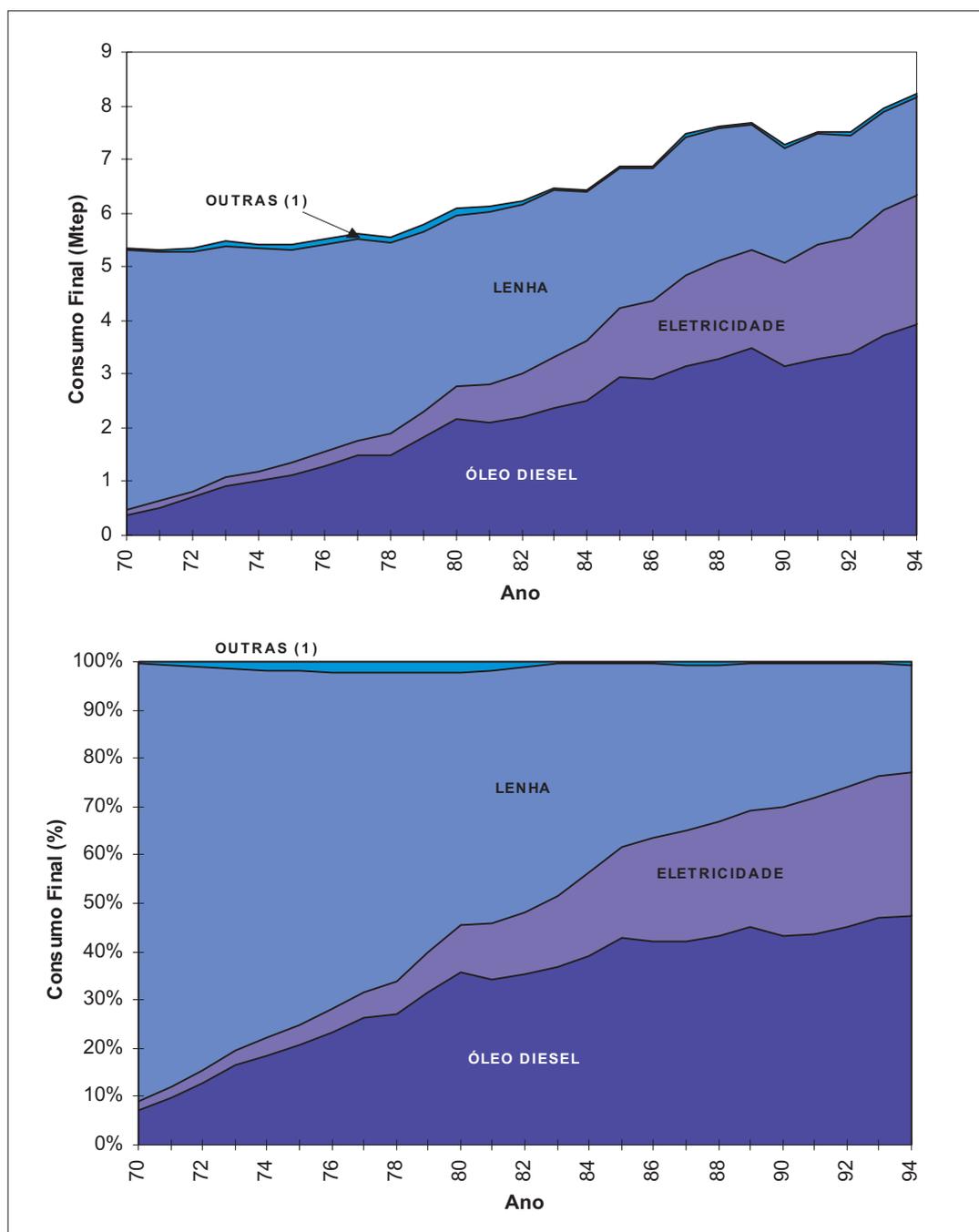
(1) Inclui Gás Natural, Lenha, Óleo Diesel, Óleo Combustível, GLP, Querosene, Gás Canalizado, Carvão Vegetal e Outras Secundárias de Petróleo

### 2.1.5 Consumo final de energia no Setor Agropecuário

O consumo energético do Setor Agropecuário apresentou crescimento de 55% no período de 1970 a 1994, o que representa uma taxa anual de apenas 1,8%, aumentando de 5,3 para 8,2 Mtep no período.

No Setor Agropecuário verifica-se substituição entre energéticos devido à sua própria modernização, caracterizada pela maior mecanização e eletrificação da atividade agropecuária. Como consequência, a Lenha, o Querosene e o Carvão Vegetal dão lugar ao Óleo Diesel e à Eletricidade.

**Figura 13** – Evolução do consumo final de energia no Setor Agropecuário, por fontes



Fonte: (BEN, 1996)

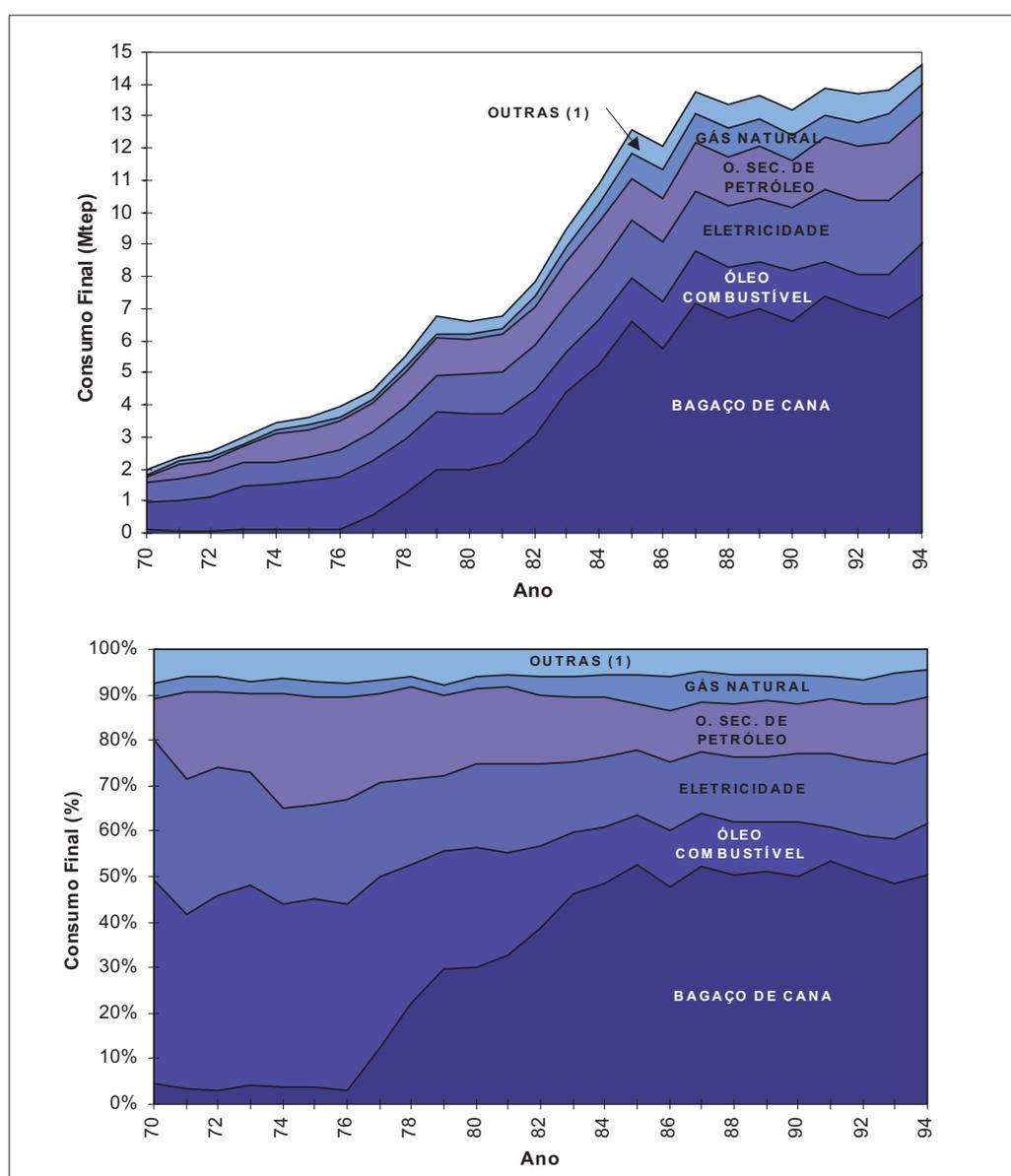
(1) Inclui Óleo Combustível, GLP, Querosene e Carvão Vegetal

### 2.1.6 Consumo final de energia no Setor Energético

O consumo final do Setor Energético corresponde à energia consumida nos centros de transformação ou nos processos de extração e transporte interno de produtos energéticos na sua forma final. Esse consumo deve ser diferenciado da energia primária ou secundária que é convertida em outras formas nesses mesmos centros.

No período de 1970 a 1994, o consumo do Setor Energético apresentou crescimento de 650%, o que representa um valor médio anual de 8,7%. O Bagaço foi responsável por esse crescimento elevado, pois, a partir da implementação do PROALCOOL em 1975, ele passou a ser utilizado como fonte de calor para a produção de vapor destinado aos processos industriais nas destilarias de álcool, tendo, em 1994, uma participação de 56% no consumo energético do setor.

**Figura 14** – Evolução do consumo final de energia no Setor Energético, por fontes



Fonte: (BEN, 1996)

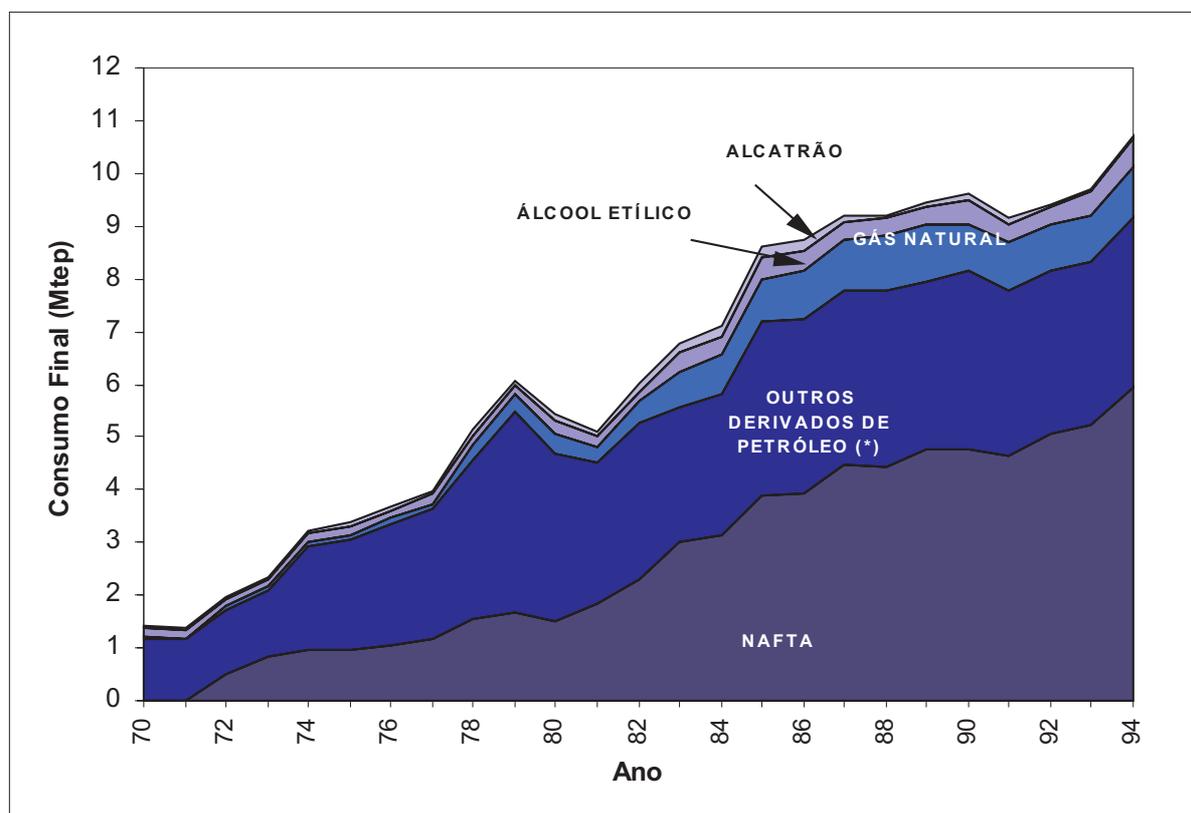
Inclui Óleo Diesel, GLP, Nafta, Querosene, Gás de Coqueria, Gás Canalizado, Coque de Carvão Mineral e Alcatrão

### 2.1.7 Consumo final de energia no Setor Não Energético

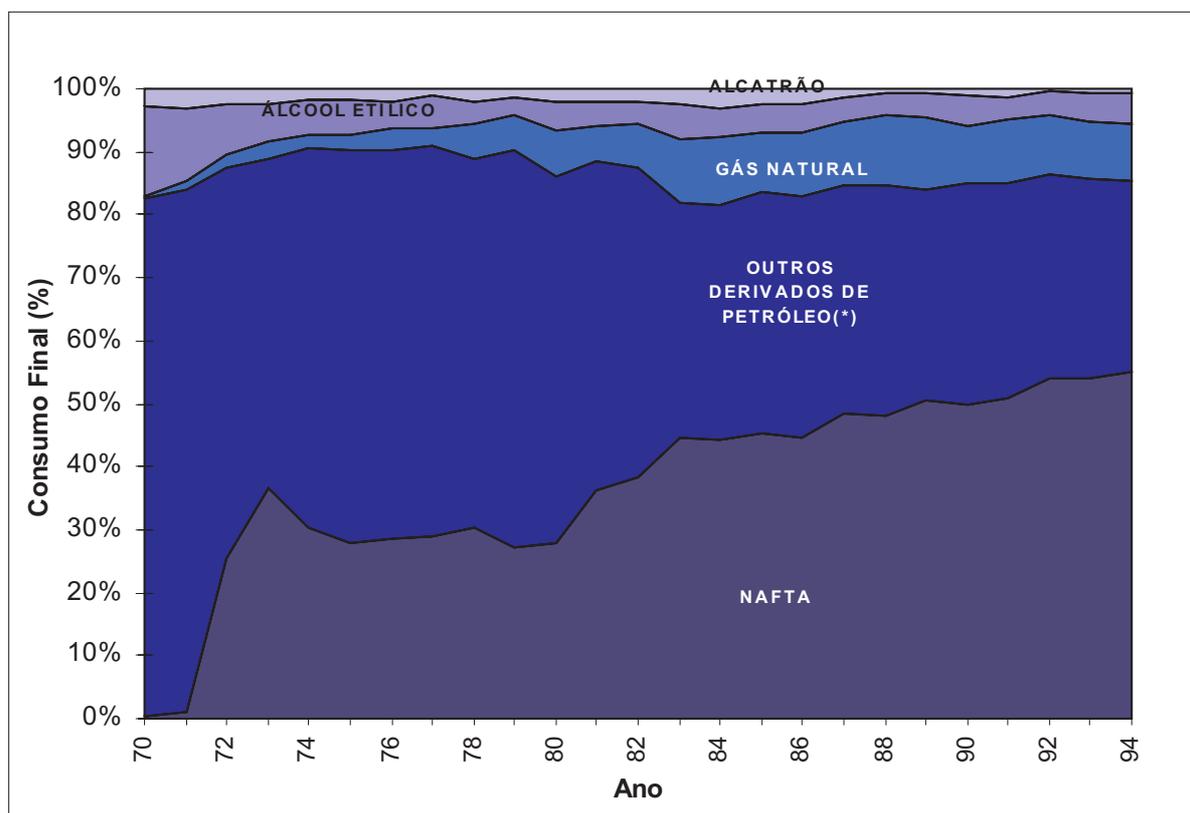
O consumo final não energético agrega a quantidade de energia contida em produtos energéticos, que são utilizados em diferentes setores para fins não energéticos. Sob o ponto de vista do cálculo das emissões de gases de efeito estufa, somente interessa a parcela deste consumo que não fica estocada em produtos finais, seja devido às emissões durante o processo produtivo, seja devido à oxidação do produtos finais após a sua utilização.

A evolução do Consumo Não Energético mostra claramente que houve uma mudança importante no início da década de 1970 com o grande aumento de consumo da Nafta como insumo não energético na indústria petroquímica. Na década de 1980, uma nova mudança estrutural pode ser notada com o aumento da participação do Gás Natural, só que em escala muito menor.

**Figura 15** – Evolução do consumo final não energético, por fontes



(\*) Inclui Querosene Iluminante, Gás de Refinaria, Outras Secundárias de Petróleo e produtos não energéticos de petróleo



Fonte: (BEN, 1996)

## 2.1.8 Centros de transformação

Os centros de transformação incluem as refinarias de petróleo, plantas de gás natural, usinas de gaseificação, coquearias, ciclo do combustível nuclear, centrais elétricas de serviço público, centrais elétricas autoprodutoras, carvoarias e destilarias. Com exceção das centrais termelétricas de serviço público, das centrais elétricas autoprodutoras e das carvoarias, nos demais centros de transformação as emissões de gases de efeito estufa são vistas como emissões fugitivas do processo de conversão de energia. Nas centrais termelétricas de serviço público, nas centrais elétricas autoprodutoras e nas carvoarias, entretanto, ocorre consumo real de combustível, com emissões de gases de efeito estufa, no processo de transformação da energia.

### 2.1.8.1 Consumo de energia nas centrais termelétricas

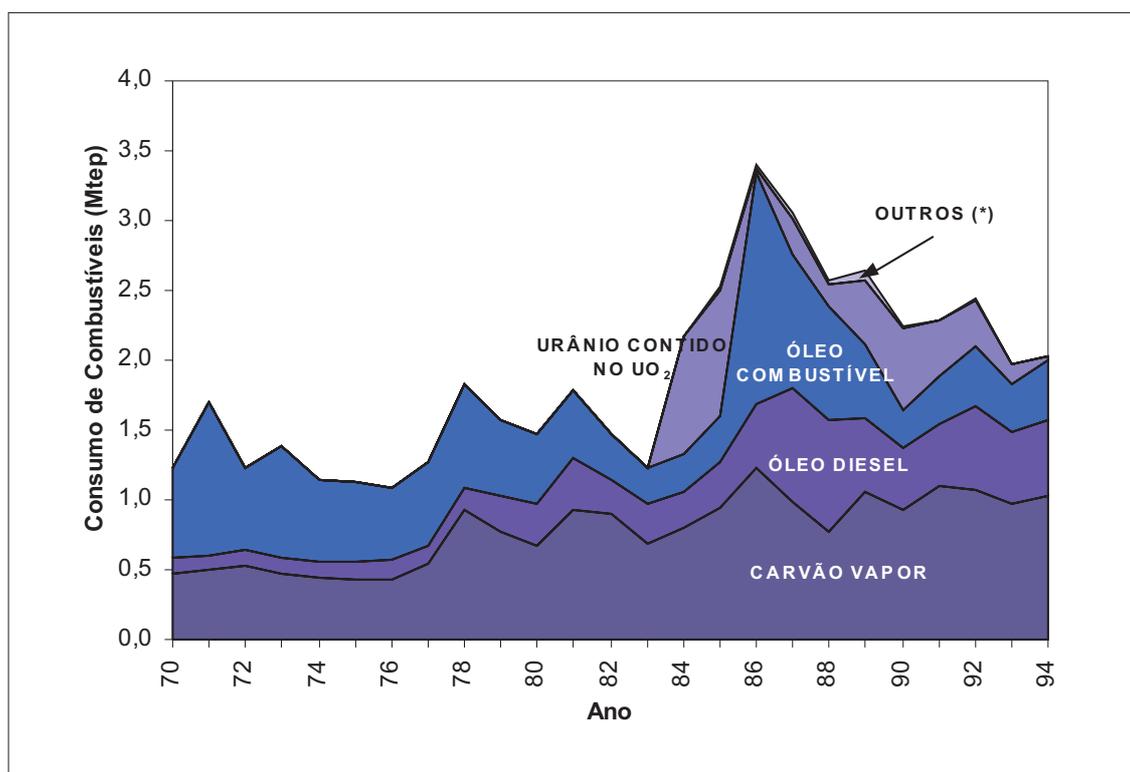
O consumo de energia nas centrais termelétricas de serviço público teve um aumento modesto, com média anual de 2% no período de 1970 a 1994. Em 1994, a mais importante fonte energética de geração termelétrica de serviço público foi o Carvão Vapor, empregado na região Sul, seguido pelo Óleo Diesel, com de 27% de participação e utilizado majoritariamente em sistemas elétricos isolados, e pelo Óleo Combustível, com uma contribuição de 21%. Esses percentuais se alteram quando a Central Nuclear Álvaro Alberto (Angra I), em Angra dos Reis - RJ, opera plenamente, como, por exemplo, no ano de 1984, quando ela atingiu cerca de 39% de participação.

A Figura 20 apresenta a evolução do consumo energético das centrais termelétricas de serviço público, por fontes, e a Figura 21, das centrais elétricas autoprodutoras. Comparando-se as duas figuras, verifica-se que os perfis de consumo energético são bem distintos, com as centrais elétricas autoprodutoras fazendo uso significativo de fontes renováveis, tais como a Lixívia, a Lenha e o Bagaço.

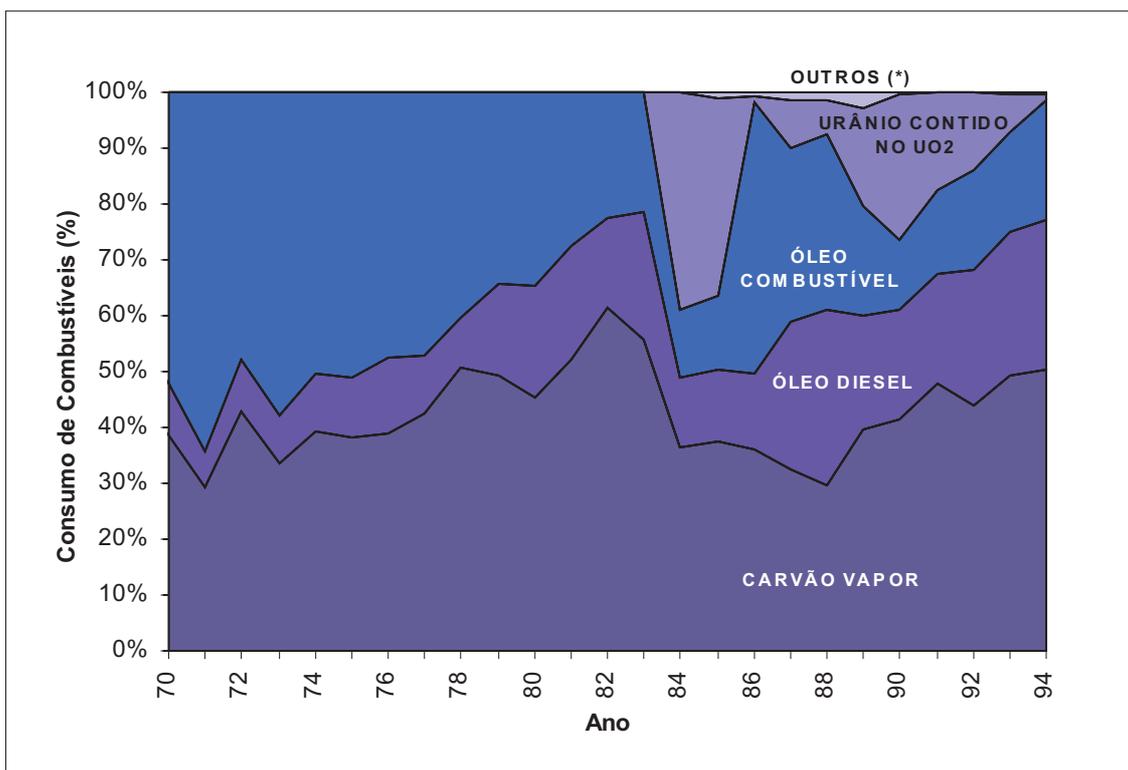
A geração termelétrica por autoprodutoras, ao contrário da geração termelétrica de serviço público, cresceu de forma significativa, a uma taxa média anual de 5% no período de 1970 a 1994. Contribuíram para esse crescimento o aumento do excedente de Bagaço nas destilarias, a partir da implantação do PROALCOOL, e o aproveitamento da Lixívia pela Indústria de Papel e Celulose na geração de Eletricidade.

Em 1994, as principais fontes de energia utilizadas na geração termelétrica de autoprodutores foram a Lixívia e outras recuperações (principalmente resíduos agrícolas), com 32% de participação, o Bagaço, com 20%, e o Óleo Combustível, com 17%.

**Figura 16** – Evolução do consumo energético das centrais termelétricas de serviço público, por fontes

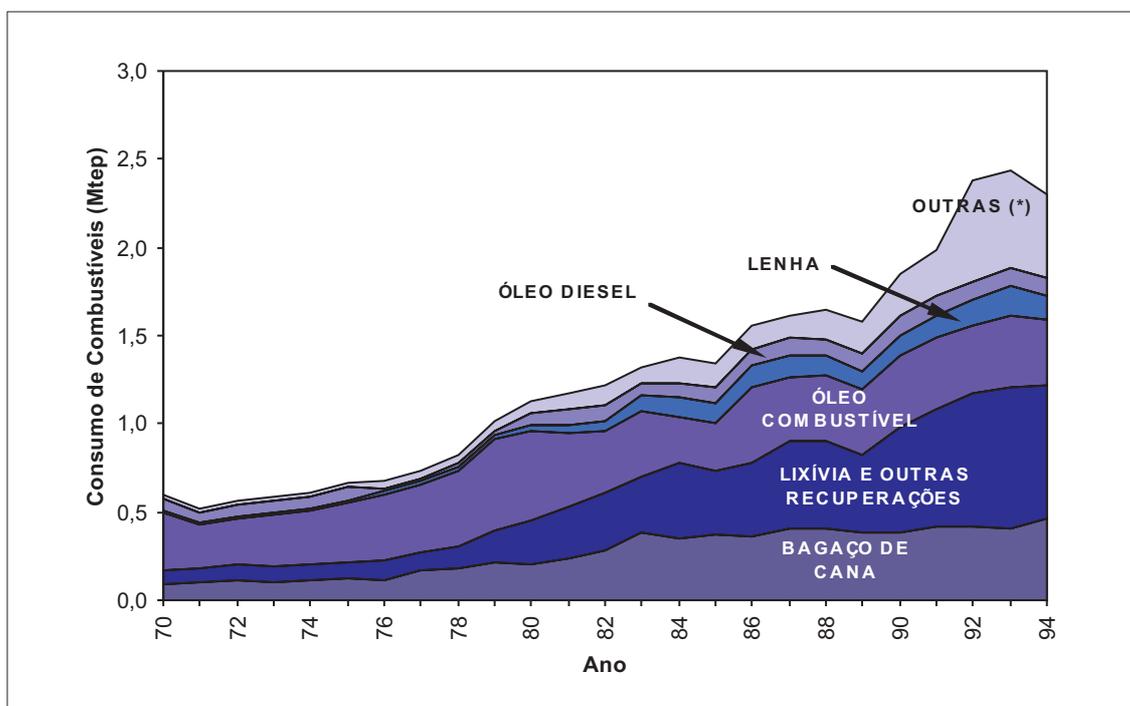


(\*) Inclui Lenha e Gás Natural

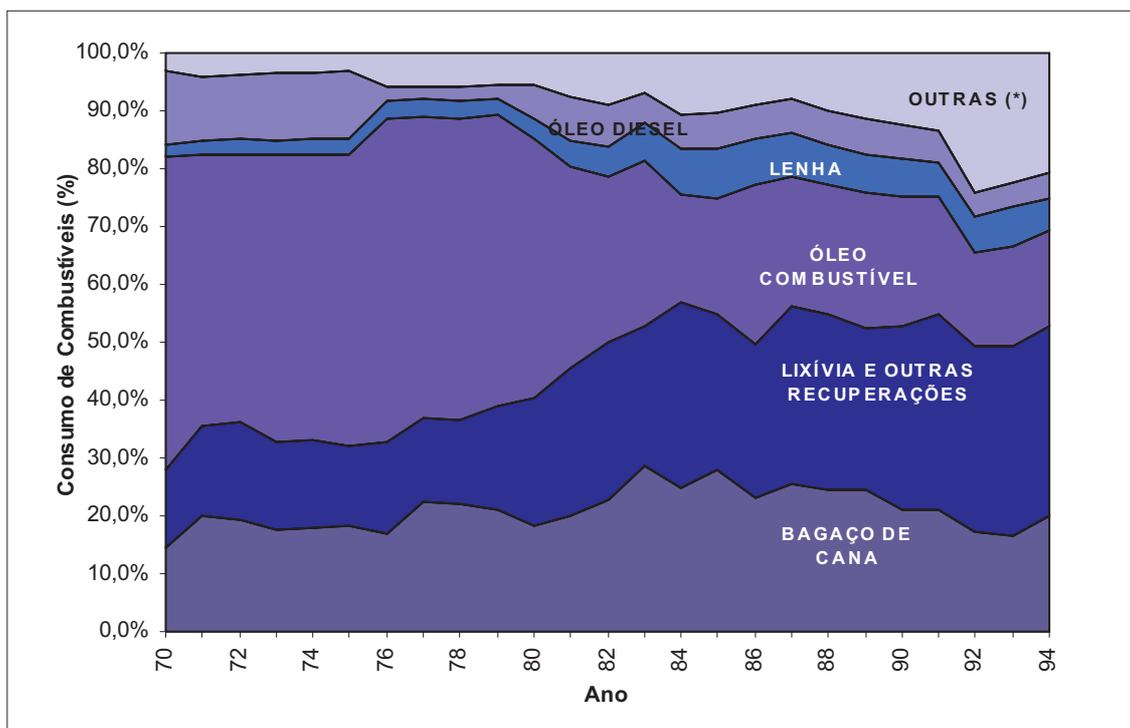


Fonte: (BEN, 1996)  
 (\*) Inclui Lenha e Gás Natural

**Figura 17** – Evolução do consumo energético das centrais termelétricas autoprodutoras, por fontes



(\*) Inclui Gás Natural, Carvão Vapor, Gás de Coqueria e outras secundárias.



Fonte: (BEN, 1996)

(\*) Inclui Gás Natural, Carvão Vapor, Gás de Coqueria e outras secundárias.

### 2.1.8.2 Consumo de energia nas Carvoarias

Nas Carvoarias, 100% da energia consumida vem da própria Lenha. Parte do material pirolenhoso da Lenha que alimenta os fornos de carvoejamento é transformada em Carvão Vegetal e outra parte é consumida, gerando energia e resíduos, entre os quais estão o CO<sub>2</sub> e outros gases de efeito estufa.

### 3 Emissões de CO<sub>2</sub>

As emissões de CO<sub>2</sub> do Brasil, originadas da queima de combustíveis fósseis, foram calculadas segundo a metodologia *bottom-up* do IPCC (1997) adaptada ao sistema energético brasileiro como descrito no Anexo I.

As emissões de CO<sub>2</sub> provenientes da combustão da biomassa no sistema energético devem ser incluídas apenas a título de informação no Inventário de Gases de Efeito Estufa, sem serem adicionadas às emissões dos combustíveis fósseis. As emissões derivadas do consumo da biomassa são objeto de outro módulo metodológico específico - Uso do Solo e Manejo Florestal (*Land Use and Forestry*) (IPCC, 1997), onde é determinado o balanço entre o carbono emitido pela biomassa extraída e o carbono absorvido durante o crescimento de novas plantas.

As emissões de CO<sub>2</sub> são dependentes do conteúdo de carbono dos combustíveis, podendo ser calculadas, com razoável precisão, num nível de agregação alto, como o proposto na metodologia *top-down*. A mesma metodologia não pode ser aplicada aos outros gases de efeito estufa, cujo cálculo das emissões necessita informações complementares sobre uso final, tecnologia dos equipamentos, condições de utilização, etc, e deve ser feita, portanto, num nível mais desagregado. Mesmo não sendo fundamental, o manual do IPCC (1997) recomenda que se façam também os cálculos das emissões de CO<sub>2</sub> num nível mais desagregado, o mesmo adotado para o cálculo das emissões dos outros gases de efeito estufa. Seguindo essa orientação, as emissões de CO<sub>2</sub> da queima de combustíveis foram calculadas para os vários setores da economia e, nas próximas quatro tabelas, são apresentadas as quantidades de combustíveis fósseis consumidas e as respectivas emissões.

A Tabela 5 mostra o consumo dos combustíveis fósseis para os combustíveis relatados, sendo que:

- Para 1994, a segunda coluna apresenta o percentual do consumo de combustíveis na estrutura de consumo desse ano.
- A última coluna da tabela apresenta a taxa de crescimento do consumo dos combustíveis entre 1990 e 1994.

**Tabela 5** – Consumo dos combustíveis fósseis, por combustível 1990/1994

Combustível	Consumo						Taxa Cresc. 90/94
	1990	1991	1992	1993	1994		
	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	%	%
Gasolina	315.129	341.161	339.443	357.012	390.991	11	24
Querosene de Aviação	80.200	84.195	79.341	83.636	85.527	2,5	6,6
Querosene Iluminante	11.383	11.083	9.493	8.419	6.443	0,19	-43
Óleo Diesel	895.730	931.943	956.858	983.405	1.023.741	30	14
Óleo Combustível	429.136	405.897	434.377	462.084	474.799	14	11
GLP	231.364	236.605	248.890	251.468	256.451	7,5	11
Nafta	205.375	199.920	218.048	225.178	254.346	7,5	24
Asfalto	51.634	40.250	50.517	46.307	53.481	1,6	3,6
Lubrificantes	29.382	28.265	23.497	25.817	26.934	0,79	-8,3
Out. Prod. Não Ene. Petr	54.770	57.476	50.130	51.591	51.934	1,5	-5,2
Coque de Petróleo	15.765	16.882	15.550	16.667	21.865	0,64	39
Carvão Vapor	82.348	102.451	86.858	76.892	82.520	2,4	0,21
Carvão Metalúrgico				7.389	11.126	0,33	
Alcatrão	10.567	12.801	12.286	12.758	12.286	0,36	16
Coque de Carvão Mineral	216.072	259.028	262.636	277.714	283.127	8,3	31
Gás Natural	125.709	126.482	136.900	150.330	155.213	4,6	23
Gás de Refinaria	71.869	78.421	78.054	82.531	88.432	2,6	23
Outros Prod Sec. Petróleo	39.864	37.716	44.374	44.202	53.868	1,6	35
Gás Canalizado	10.133	10.174	9.075	8.383	5.413	0,16	-47
Gás de Coqueria	53.067	56.323	57.381	59.619	57.706	1,7	8,7
Outras Primárias Fósseis	8.763	9.536	10.138	11.061	8.140	0,24	-7,1
<b>Total</b>	<b>2.938.261</b>	<b>3.046.609</b>	<b>3.123.847</b>	<b>3.242.465</b>	<b>3.404.341</b>	<b>100</b>	<b>16</b>

A Tabela 6 mostra as emissões correspondentes ao consumo de combustíveis fósseis para os combustíveis relatados, sendo que:

- Para 1994, a segunda coluna apresenta o percentual do consumo de combustíveis na estrutura de consumo desse ano.
- A última coluna da tabela apresenta a taxa de crescimento do consumo dos combustíveis entre 1990 e 1994.

**Tabela 6** – Emissões de CO<sub>2</sub> dos combustíveis fósseis, por combustível 1990/1994

Combustível	Emissões de CO <sub>2</sub>						Taxa Cresc. 90/94
	1990	1991	1992	1993	1994		
	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	%	%
Gasolina	21.620	23.406	23.288	24.494	26.825	12	24
Querosene de Aviação	5.677	5.960	5.616	5.920	6.054	2,6	6,6
Querosene Iluminante	568	550	480	413	364	0,16	-36
Óleo Diesel	65.680	68.336	70.163	72.109	75.067	32	14
Óleo Combustível	32.869	31.089	33.270	35.392	36.366	16	11
GLP	14.445	14.773	15.540	15.701	16.012	6,9	11
Nafta	2.982	2.903	3.166	3.270	3.693	1,6	24
Asfalto							
Lubrificantes	1.067	1.026	853	937	978	0,42	-8,3
Out. Prod. Não Ene. Petr.							
Coque de Petróleo	1.574	1.685	1.552	1.664	2.183	0,94	39
Carvão Vapor	7.634	9.498	8.052	7.129	7.650	3,3	0,21
Carvão Metalúrgico				685	1.031	0,45	
Alcatrão	660	840	996	1.021	918	0,40	39
Coque de Carvão Mineral	22.904	27.458	27.840	29.439	30.012	13	31
Gás Natural	6.363	6.374	6.974	7.725	7.945	3,4	25
Gás de Refinaria	4.126	4.623	4.748	4.948	5.302	2,3	28
Outros Prod. Sec. Petróleo	2.894	2.738	3.222	3.209	3.911	1,7	35
Gás Canalizado	566	568	507	468	302	0,13	-47
Gás de Coqueria	5.711	6.062	6.176	6.417	6.211	2,7	8,7
Outras Primárias Fósseis	630	685	729	795	585	0,25	-7,1
<b>Total</b>	<b>197.972</b>	<b>208.573</b>	<b>213.170</b>	<b>221.734</b>	<b>231.408</b>	<b>100</b>	<b>17</b>

A Tabela 7 mostra o consumo dos combustíveis fósseis para os setores relatados, sendo que:

- Para 1994, a segunda coluna apresenta o percentual do consumo de combustíveis na estrutura de consumo desse ano.
- A última coluna da tabela apresenta a taxa de crescimento do consumo dos combustíveis entre 1990 e 1994.

**Tabela 7 – Consumo dos Combustíveis Fósseis, por setor 1990/1994**

Setor	Consumo						Taxa Cresc. 90/94
	1990	1991	1992	1993	1994		%
	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	%	
<b>Setor Energético Amplo</b>	<b>302.982</b>	<b>298.238</b>	<b>328.413</b>	<b>333.841</b>	<b>340.980</b>	<b>10</b>	<b>13</b>
Centrais Elét. Serv. Púb.	70.824	80.885	89.992	78.728	86.368	2,5	22
Centr.Elét.Autoprodutoras	39.714	41.492	53.848	55.164	47.774	1,4	20
Carvoarias							
Consumo Setor Energético	192.443	175.862	184.573	199.949	206.838	6,1	7
<b>Consumo Não Energético</b>	<b>394.364</b>	<b>380.313</b>	<b>389.815</b>	<b>398.029</b>	<b>438.819</b>	<b>13</b>	<b>11</b>
<b>Residencial</b>	<b>220.087</b>	<b>226.092</b>	<b>234.362</b>	<b>243.021</b>	<b>243.125</b>	<b>7,1</b>	<b>10</b>
<b>Comercial</b>	<b>29.990</b>	<b>27.788</b>	<b>28.620</b>	<b>21.686</b>	<b>21.940</b>	<b>0,64</b>	<b>-27</b>
<b>Público</b>	<b>6.939</b>	<b>7.237</b>	<b>6.896</b>	<b>11.962</b>	<b>26.142</b>	<b>0,77</b>	<b>277</b>
<b>Agropecuário</b>	<b>136.301</b>	<b>142.143</b>	<b>146.267</b>	<b>161.603</b>	<b>170.581</b>	<b>5,0</b>	<b>25</b>
<b>Transportes</b>	<b>1.140.278</b>	<b>1.197.238</b>	<b>1.206.521</b>	<b>1.251.750</b>	<b>1.313.481</b>	<b>39</b>	<b>15</b>
Aéreo	82.262	86.085	80.973	85.484	87.717	2,6	7
Rodoviário	990.617	1.045.515	1.057.290	1.091.522	1.161.586	34	17
Ferrovário	21.951	21.951	22.595	22.939	17.183	0,5	-22
Marítimo	45.448	43.687	45.663	51.806	46.994	1,4	3
<b>Industrial</b>	<b>707.321</b>	<b>767.559</b>	<b>782.952</b>	<b>820.572</b>	<b>849.273</b>	<b>25</b>	<b>20</b>
Cimento	68.771	76.246	61.888	62.576	61.481	1,8	-11
Ferro-Gusa e Aço	281.289	327.080	333.743	355.192	371.638	11	32
Ferro-Ligas	2.010	1.768	2.742	3.145	3.244	0,10	61,4
Mineração e Pelotização	30.908	30.599	33.364	35.751	40.768	1,2	32
Não-Ferrosos	35.249	36.084	36.694	46.079	43.264	1,3	23
Química	116.155	118.196	122.155	116.297	123.943	3,6	7
Alimentos e Bebidas	42.597	43.042	47.336	48.362	48.491	1,4	14
Têxtil	21.485	20.567	20.370	21.483	18.252	0,54	-15
Papel e Celulose	31.408	34.994	40.291	37.693	38.374	1,1	22,2
Cerâmica	22.616	23.656	30.002	33.332	34.094	1,0	51
Outros	54.833	55.328	54.367	60.661	65.724	1,9	20
<b>Total</b>	<b>2.938.261</b>	<b>3.046.609</b>	<b>3.123.847</b>	<b>3.242.465</b>	<b>3.404.341</b>	<b>100</b>	<b>16</b>

A Tabela 8 mostra as emissões correspondentes ao consumo de combustíveis fósseis para os setores relatados, sendo que:

- Para 1994, a segunda coluna apresenta o percentual do consumo de combustíveis na estrutura de consumo desse ano.
- A última coluna da tabela apresenta a taxa de crescimento do consumo dos combustíveis entre 1990 e 1994.

**Tabela 8** – Emissões de CO<sub>2</sub> dos Combustíveis Fósseis, por setor 1990/1994

Setor	Emissões de CO <sub>2</sub>						Taxa Cresc. 90/94
	1990	1991	1992	1993	1994		%
	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	%	
<b>Setor Energético Amplo</b>	<b>22.914</b>	<b>22.704</b>	<b>24.886</b>	<b>25.119</b>	<b>25.602</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
Centrais Elét. Serv. Púb.	5.999	6.889	7.551	6.626	7.242	3,1	21
Centr.Elét.Autoprodutoras	3.076	3.231	4.146	4.263	3.607	1,6	17
Carvoarias							
Consumo Setor Energético	13.839	12.584	13.189	14.229	14.753	6,4	6,6
<b>Consumo Não Energético</b>	<b>5.482</b>	<b>5.438</b>	<b>5.423</b>	<b>5.614</b>	<b>6.204</b>	<b>2,7</b>	<b>13</b>
<b>Residencial</b>	<b>13.750</b>	<b>14.122</b>	<b>14.633</b>	<b>15.168</b>	<b>15.176</b>	<b>6,6</b>	<b>10</b>
<b>Comercial</b>	<b>2.046</b>	<b>1.899</b>	<b>1.952</b>	<b>1.526</b>	<b>1.557</b>	<b>0,67</b>	<b>-24</b>
<b>Público</b>	<b>502</b>	<b>520</b>	<b>499</b>	<b>878</b>	<b>1.962</b>	<b>0,85</b>	<b>291</b>
<b>Agropecuário</b>	<b>9.998</b>	<b>10.425</b>	<b>10.729</b>	<b>11.854</b>	<b>12.516</b>	<b>5,4</b>	<b>25</b>
<b>Transportes</b>	<b>82.020</b>	<b>86.052</b>	<b>86.760</b>	<b>89.989</b>	<b>94.324</b>	<b>41</b>	<b>15</b>
Aéreo	5.818	6.089	5.728	6.047	6.204	2,7	6,6
Rodoviário	71.150	75.052	75.923	78.338	83.302	36	17
Ferroviário	1.614	1.611	1.657	1.682	1.260	0,54	-22
Marítimo	3.437	3.300	3.452	3.922	3.558	1,5	3,5
<b>Industrial</b>	<b>61.260</b>	<b>67.412</b>	<b>68.289</b>	<b>71.587</b>	<b>74.066</b>	<b>32</b>	<b>21</b>
Cimento	5.628	6.384	4.999	5.011	4.940	2,1	-12
Ferro-Gusa e Aço	28.536	33.343	33.925	36.055	37.606	16	32
Ferro-Ligas	208	155	246	264	281	0,12	35
Mineração e Pelotização	2.405	2.384	2.637	2.791	3.215	1,4	34
Não-Ferrosos	3.085	3.194	3.213	4.092	3.860	1,7	25
Química	8.552	8.733	8.990	8.504	9.038	3,9	5,7
Alimentos e Bebidas	3.201	3.214	3.514	3.594	3.615	1,6	13
Têxtil	1.599	1.523	1.497	1.583	1.332	0,58	-17
Papel e Celulose	2.445	2.710	3.098	2.885	2.936	1,3	20
Cerâmica	1.680	1.775	2.220	2.465	2.501	1,1	49
Outros	3.921	3.997	3.950	4.344	4.741	2,0	21
<b>Total</b>	<b>197.972</b>	<b>208.573</b>	<b>213.170</b>	<b>221.734</b>	<b>231.408</b>	<b>100</b>	<b>17</b>

As emissões de CO<sub>2</sub> do Brasil, em 1994, foram de 231.408 Gg de CO<sub>2</sub>. Essas emissões cresceram 17% no período de 1990 a 1994<sup>7</sup>, enquanto o crescimento do consumo de energia foi de 16% (ver Tabela 5). Isso permite concluir que houve um leve aumento da intensidade de carbono do sistema energético do país. As emissões acima referidas estão associadas ao consumo de 3.404.341 TJ em combustíveis fósseis no sistema energético brasileiro em 1994. É importante mencionar que a biomassa desempenha um papel fundamental na matriz energética brasileira, de forma que somente 60% do consumo nacional, em 1994, dependeram dos combustíveis fósseis (ver Tabela 9).

O Óleo Diesel aparece como o combustível responsável pela maior fração das emissões de CO<sub>2</sub> em 1994, com 32% das emissões (ver Tabela 6). No entanto, o aumento de 14% no período 90/94 é um pouco mais baixo do que o aumento médio das emissões totais dos combustíveis, de 17%. O segundo combustível que mais contribuiu para as emissões de CO<sub>2</sub> no Brasil, em 1994, foi o Óleo Combustível, com 16% de participação, mas com taxa de crescimento igualmente baixa, de 11%. Seguem em ordem decrescente de participação: o Coque de Carvão Mineral, com 13%, a Gasolina, com 12%, o GLP, com 6,9% e o Gás Natural, com 3,4%. A maior parte desses combustíveis apresentou significativo crescimento no período: Coque de Carvão Mineral (31%), Gasolina (24%) e o Gás Natural (25%). Se as tendências observadas no período permanecerem, haverá uma mudança na estrutura das emissões de CO<sub>2</sub> por queima de combustíveis no Brasil.

A análise setorial será feita a partir da Tabela 7 e da Tabela 8.

O setor que mais emitiu em 1994 foi o Setor de Transportes (41%), onde somente o modo Rodoviário foi responsável por 36% das emissões totais. O Setor Industrial contribuiu com 32% das emissões. O subsetor industrial que mais emitiu foi o de Ferro-Gusa e Aço, com 16% das emissões totais. Deve-se acrescentar que as emissões do Setor Industrial cresceram 21% no período, ou seja, acima da média nacional. Seguem na ordem decrescente de participação: o Setor Energético<sup>8</sup> (11%), o Residencial (6,6%), o Agropecuário (5,4%), o de Consumo Não Energético (2,7%), o Público (0,85%) e o Comercial (0,67%). Desses setores de pouco peso, o Agropecuário e o Setor Público apresentaram altas taxas de crescimento das emissões no período, respectivamente 25% e 291%, enquanto o Setor Comercial apresentou uma queda de 24% nas emissões<sup>9</sup>.

Uma das características da matriz energética brasileira é a alta participação da biomassa na estrutura de consumo. A tabela a seguir mostra a participação dos combustíveis fósseis na estrutura de consumo setorial. O “total” do consumo referido é a soma dos combustíveis fósseis com a biomassa. Na maior

<sup>7</sup> Inclui o consumo não-energético e exclui o consumo de biomassa e eletricidade proveniente de usinas hidrelétricas e nuclear.

<sup>8</sup> Setor Energético no sentido amplo dado pelo IPCC, que inclui, além do consumo final do Setor Energético, as Centrais Elétricas de Serviço Público, as Centrais Elétricas Autoprodutoras e as Carvoarias.

<sup>9</sup> Esses dados têm que ser interpretados à luz da estrutura energética do Brasil. O crescimento do consumo de energia no Setor Comercial deu-se, exclusivamente, pela eletricidade, enquanto o consumo dos combustíveis fósseis diminuiu. Nos Setores Público e Agropecuário houve, além do aumento do consumo de eletricidade, um aumento do consumo de combustíveis fósseis.

parte dos setores e subsetores, houve um aumento da participação dos combustíveis fósseis na sua estrutura de consumo, como se pode constatar na Tabela 9. Somente na produção de energia pelas Centrais Elétricas Autoprodutoras (Setor Energético Amplo), no Setor Comercial e nos subsetores de Alimentos e Bebidas e Papel e Celulose (Setor Industrial), houve aumentos da participação da biomassa no período de 1990 a 1994.

**Tabela 9** – Evolução da Participação de Combustíveis Fósseis

Setor	Fóssil/(Fóssil+Biomassa) (%)		Variação percentual
	1990	1994	1990/94
<b>Setor Energético - Amplo</b>	<b>26,0</b>	<b>29,0</b>	<b>3,1</b>
Centrais Elét Serv. Públ.	100,0	100,0	0,0
Centr. Elét. Autoprodutoras	50,3	48,7	-1,7
Carvoarias	-	-	-
Consumo Setor Energético	40,5	39,4	-1,1
<b>Residencial</b>	<b>37,7</b>	<b>44,2</b>	<b>6,5</b>
<b>Consumo Não Energético</b>	<b>95,1</b>	<b>95,1</b>	<b>0,1</b>
<b>Comercial</b>	<b>80,9</b>	<b>77,7</b>	<b>-3,2</b>
<b>Público</b>	<b>97,0</b>	<b>99,4</b>	<b>2,3</b>
<b>Agropecuário</b>	<b>59,6</b>	<b>68,5</b>	<b>8,9</b>
<b>Transportes</b>	<b>83,0</b>	<b>83,3</b>	<b>0,2</b>
Aéreo	100,0	100,0	0,0
Rodoviário	81,0	81,5	0,5
Ferrovário	99,6	100,0	0,4
Marítimo	100,0	100,0	0,0
<b>Industrial</b>	<b>49,9</b>	<b>51,4</b>	<b>1,5</b>
Cimento	81,5	83,9	2,4
Ferro-Gusa e Aço	60,6	69,6	9,0
Ferro-Ligas	11,7	15,0	3,3
Mineração e Pelotização	95,6	99,7	4,1
Não-Ferrosos	74,2	86,6	12,4
Química	90,4	91,8	1,4
Alimentos e Bebidas	13,6	11,6	-1,9
Têxtil	76,2	80,3	4,1
Papel e Celulose	25,2	23,0	-2,2
Cerâmica	24,6	34,2	9,6
Outros	64,3	72,4	8,1
<b>Total</b>	<b>56,2</b>	<b>59,5</b>	<b>3,4</b>

O consumo total referido não leva em consideração a Eletricidade gerada pelas centrais hidrelétricas<sup>10</sup>. A eliminação da geração hidrelétrica tem como objetivo eliminar a distorção provocada pela utilização de um fator de conversão de MWh para tep. No Balanço Energético Nacional, o fator de conversão utilizado para a hidreletricidade está baseado no princípio de equivalência na produção<sup>11</sup> e é de 0,29 tep/MWh. Na maioria dos países, o fator de conversão utilizado é o de 0,086 tep/MWh, calculado pelo princípio de equivalência no consumo térmico<sup>12</sup>. A utilização do primeiro fator de conversão superestima e do

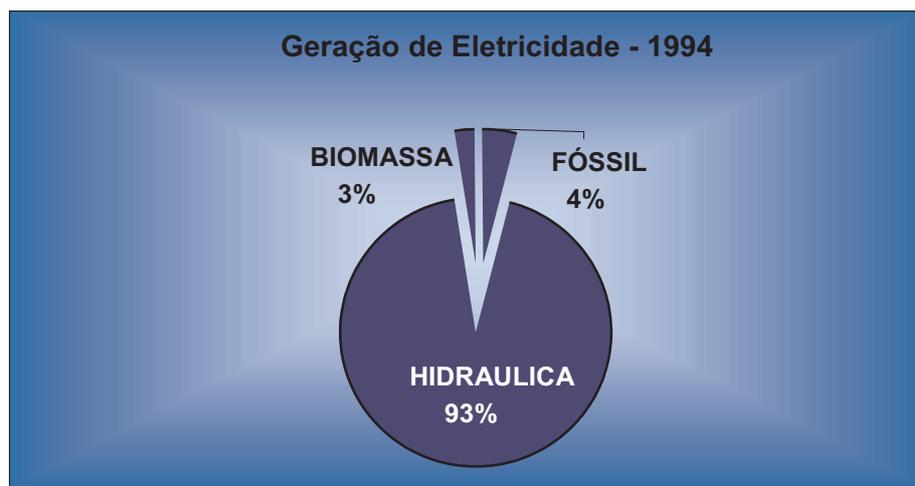
<sup>10</sup> Também não leva em consideração a energia eletrônica.

<sup>11</sup> O princípio de equivalência na produção estipula a quantidade de petróleo necessário para, numa central térmica com eficiência de 27%, gerar 1 Mwh.

<sup>12</sup> O princípio de equivalência no consumo térmico estipula a quantidade de petróleo utilizada para fins de aquecimento, equivalente ao calor gerado por 1MWh (de acordo com o primeiro princípio da termodinâmica, 1kWh = 860 kcal).

segundo fator subestima a geração de hidreletricidade. A razão entre os dois fatores é de mais de três vezes, o que torna a opção por um dos dois fatores determinante para os resultados. Como no Brasil a geração hidráulica é realmente muito superior às outras, independentemente do fator de conversão utilizado, a geração hidráulica será a principal fonte na geração de Eletricidade. É o que se constata na próxima figura, que mostra a geração de eletricidade no Brasil por fonte primária, como está apresentado no Balanço Energético Nacional.

**Figura 18** – Geração de Eletricidade (Serviço Público e Autoprodutores) por tipo de fonte - 1994



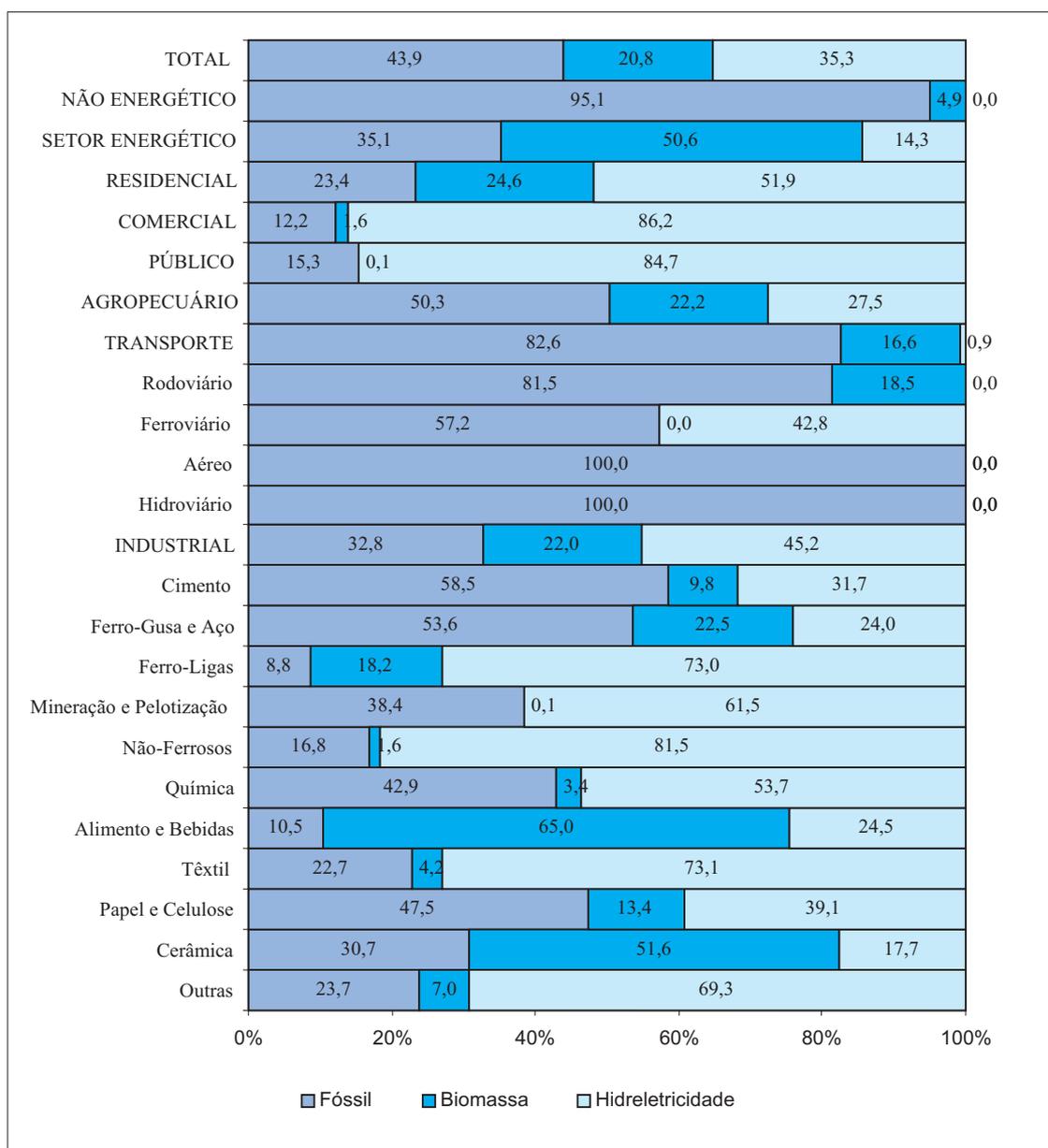
Fonte: BEN 1998

A Eletricidade, além de ser basicamente de origem hidráulica, é uma fonte de energia muito importante no consumo final de quase todos os setores no Brasil: Setor Comercial (86%), Setor Público (85%), Residencial (52%) e Industrial (45%). Chama-se a atenção para esse fato porque o universo referido neste trabalho não inclui nem a energia hidráulica nem a biomassa<sup>13</sup>, tornando os consumos finais de vários setores pouco representativos do consumo energético de fato desses setores.

A figura a seguir mostra o percentual do combustível fóssil, da biomassa e da hidreletricidade no total do consumo para cada setor em 1994<sup>14</sup>.

<sup>13</sup> A biomassa será considerada nos cálculos das emissões dos outros gases de efeito estufa que não o  $\text{CO}_2$

<sup>14</sup> Os cálculos foram feitos a partir dos dados em tep do BEN e não em TJ.

**Figura 19** – Percentual dos combustíveis fósseis no consumo final, em 1994

Obs: Fator de conversão de eletricidade: 1 MWh = 0,29 tep

A seguir, será feita uma análise setorial das emissões de CO<sub>2</sub> derivadas da queima de combustíveis fósseis. De forma resumida, pode-se dizer que, analisando as emissões setoriais por combustível, o maior responsável pelas emissões de CO<sub>2</sub> no Brasil é o Óleo Diesel, consumido no modo de Transporte Rodoviário (24%), seguido do Coque de Carvão Mineral na Indústria de Ferro-Gusa e Aço (12%), da Gasolina no Transporte Rodoviário (12%), do GLP no Setor Residencial (6,3%) e do Óleo Diesel no Setor Agropecuário (5,3%).

### 3.1 Setor de Transportes

O Setor de Transportes foi subdividido nos modos Aéreo, Rodoviário, Ferroviário e Hidroviário. A Tabela 10 e a Tabela 11 apresentam os resultados obtidos para o Setor de Transportes como um todo e para os modos, separadamente.

A Tabela 10 mostra o consumo de energia no Setor de Transportes, por modo de transporte e por combustível para os anos de 1990 a 1994. A penúltima coluna mostra a estrutura de consumo no ano de 1994, isto é, o percentual do consumo de determinado combustível ou modo de transporte com relação ao transporte como um todo. Na última coluna tem-se a taxa de crescimento do consumo entre 1990 e 1994. Nas últimas duas linhas, são apresentados o consumo total de biomassa e a participação do combustível fóssil no total do consumo, total esse considerado, aqui, como a soma dos combustíveis fósseis com a biomassa, não incluindo a hidreletricidade.

A Tabela 11, com estrutura bastante semelhante à tabela anterior, mostra os resultados das emissões correspondentes.

**Tabela 10** – Consumo de Combustíveis no Setor de Transportes

	Consumo						Taxa Cresc. 1990/94
	1990	1991	1992	1993	1994		%
	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	%	
<b>Combustíveis Fósseis, por Subsetor</b>							
<b>Aéreo</b>	<b>82.262</b>	<b>86.085</b>	<b>80.973</b>	<b>85.484</b>	<b>87.717</b>	<b>6,7</b>	<b>6,6</b>
Gasolina	2.062	1.890	1.632	1.847	2.191	0,17	6,3
Querosene de Aviação	80.200	84.195	79.341	83.636	85.527	6,5	6,6
<b>Rodoviário</b>	<b>990.617</b>	<b>1.045.515</b>	<b>1.057.290</b>	<b>1.091.522</b>	<b>1.161.586</b>	<b>88</b>	<b>17</b>
Gás Natural	81	81		855	1.587	0,12	1850
Gasolina	313.067	339.271	337.810	355.165	388.800	30	24
Óleo Diesel	665.354	693.920	706.335	724.806	757.496	58	14
Outros Prod Sec de Petróleo	12.114	12.243	13.145	10.696	13.703	1,0	13
<b>Ferroviário</b>	<b>21.951</b>	<b>21.951</b>	<b>22.595</b>	<b>22.939</b>	<b>17.183</b>	<b>1,3</b>	<b>-22</b>
Óleo Diesel	21.736	21.865	22.595	22.939	17.183	1,3	-21
Carvão Vapor	215	86					-100
<b>Hidroviário</b>	<b>45.448</b>	<b>43.687</b>	<b>45.663</b>	<b>51.806</b>	<b>46.994</b>	<b>3,6</b>	<b>3,4</b>
Óleo Diesel	13.445	14.219	14.004	14.047	12.801	1,0	-4,8
Óleo Combustível	32.003	29.468	31.659	37.759	34.193	2,6	6,8
<b>Total Fóssil</b>	<b>1.140.278</b>	<b>1.197.238</b>	<b>1.206.521</b>	<b>1.251.750</b>	<b>1.313.481</b>	<b>100</b>	<b>15</b>
<b>Combustíveis Fósseis, por Combustível</b>							
Gasolina	315.129	341.161	339.443	357.012	390.991	30	24
Querosene de Aviação	80.200	84.195	79.341	83.636	85.527	6,5	6,6

cont.

Gás Natural	81	81		855	1.587	0,12	1850
Óleo Diesel	700.536	730.004	742.934	761.792	787.480	60	12
Óleo Combustível	32.003	29.468	31.659	37.759	34.193	2,6	6,8
Carvão Vapor	215	86					-100
Outros Prod Sec de Petróleo	12.114	12.243	13.145	10.696	13.703		
<b>Total Fóssil</b>	<b>1.140.278</b>	<b>1.197.238</b>	<b>1.206.521</b>	<b>1.251.750</b>	<b>1.313.481</b>	<b>100</b>	<b>15</b>
<b>Consumo de Biomassa</b>							
<b>Total Biomassa</b>	232.739	243.005	236.605	249.749	264.097		
<b>Fóssil/(Fóssil+Biomassa) (%)</b>	<b>83,0</b>	<b>83,1</b>	<b>83,6</b>	<b>83,4</b>	<b>83,3</b>		

**Tabela 11** – Emissões de CO<sub>2</sub> do Setor de Transportes

	Emissões de CO <sub>2</sub>					
	1990	1991	1992	1993	1994	
	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	%
<b>Por Subsetor</b>						
<b>Aéreo</b>	<b>5.818</b>	<b>6.089</b>	<b>5.728</b>	<b>6.047</b>	<b>6.204</b>	<b>6,6</b>
Gasolina	141	130	112	127	150	0,16
Querosene de Aviação	5.677	5.960	5.616	5.920	6.054	6,4
<b>Rodoviário</b>	<b>71.150</b>	<b>75.052</b>	<b>75.923</b>	<b>78.338</b>	<b>83.302</b>	<b>88</b>
Gás Natural	5	5		48	89	0,09
Gasolina	21.479	23.276	23.176	24.367	26.674	28
Óleo Diesel	48.788	50.882	51.793	53.147	55.544	59
Out. Prod Sec Petróleo	879	889	954	777	995	1
<b>Ferroviário</b>	<b>1.614</b>	<b>1.611</b>	<b>1.657</b>	<b>1.682</b>	<b>1.260</b>	<b>1,3</b>
Óleo Diesel	1.594	1.603	1.657	1.682	1.260	1,3
Carvão Vapor	20	8				
<b>Hidroviário</b>	<b>3.437</b>	<b>3.300</b>	<b>3.452</b>	<b>3.922</b>	<b>3.558</b>	<b>3,8</b>
Óleo Diesel	986	1.043	1.027	1.030	939	1,0
Óleo Combustível	2.451	2.257	2.425	2.892	2.619	2,8
<b>Total Fóssil</b>	<b>82.020</b>	<b>86.052</b>	<b>86.760</b>	<b>89.989</b>	<b>94.324</b>	<b>100</b>
<b>Por Combustível</b>						
Gasolina	21.620	23.406	23.288	24.494	26.825	28
Querosene de Aviação	5.677	5.960	5.616	5.920	6.054	6,4
Gás Natural	5	5		48	89	0,09
Óleo Diesel	51.367	53.528	54.476	55.859	57.743	61
Óleo Combustível	2.451	2.257	2.425	2.892	2.619	2,8
Carvão Vapor	20	8				
Out. Prod Sec Petróleo	879	889	954	777	995	1,1
<b>Total Fóssil</b>	<b>82.020</b>	<b>86.052</b>	<b>86.760</b>	<b>89.989</b>	<b>94.324</b>	<b>100</b>

## ***Consumo de Energia***

O modo de Transporte Rodoviário é o principal consumidor de energia do Setor de Transportes (88%). Os outros modos de transporte têm participação no consumo muito inferior ao Rodoviário: o Aéreo, com 6,7%, o Hidroviário, com 3,6%, e o Ferroviário, com 1,3%. Em termos de crescimento de consumo, entre 1990 e 1994, o maior foi o Rodoviário (17%), seguido do Aéreo (6,6%), do Hidroviário (3,4%) e do Ferroviário (-22%), o que mostra um processo de reforço da estrutura atual.

Em termos de consumo de combustível, o Óleo Diesel é o principal combustível, com 60% do consumo do Setor de Transportes, seguido da Gasolina, com 30%. O consumo de Óleo Diesel, no entanto, apresentou uma taxa de crescimento de 12%, inferior, portanto, ao crescimento do consumo nacional. O de Gasolina, no entanto, cresceu à taxa de 24%, o que indica uma mudança na estrutura de consumo do Setor de Transportes, com aumento da Gasolina e retração do Óleo Diesel. O consumo de Gás Natural é ainda pouco significativo no Setor de Transportes (0,12%), mas a altíssima taxa de crescimento no período (1850%) mostra o início de um processo de aumento de utilização desse combustível, sobretudo no transporte urbano coletivo, cujo resultado, em termos de mercado, ainda não é previsível.

É interessante notar que os combustíveis fósseis no Setor de Transportes têm 83% do mercado em 1994. O Alcool Etílico é o responsável pelos outros 17% do consumo.

## ***Emissões de CO<sub>2</sub>***

Como se pode observar na Tabela 8, em 1994, o Setor de Transportes foi o setor que mais emitiu CO<sub>2</sub> (94.324 Gg) o que corresponde a 41% das emissões totais da queima de combustíveis fósseis. Como esse consumo corresponde a 39% do consumo total de combustíveis fósseis, pode-se dizer que o Setor de Transportes é relativamente intensivo em carbono. O modo Rodoviário é responsável por 88% das emissões desse setor. O Transporte Rodoviário emitiu, em 1994, 83.302 Gg de CO<sub>2</sub>, ou seja, 36% das emissões totais da queima de combustíveis fósseis no Brasil - fração essa superior àquela correspondente às emissões de todo o Setor Industrial (32%). A taxa de crescimento das emissões do setor Rodoviário foi de 17% no período, igual à média nacional, enquanto a taxa de crescimento do Setor de Transportes como um todo (15%), foi levemente inferior a essa média. O modo Ferroviário, além de pouco significativo (0,54%), é o único modo de transporte que apresenta decréscimo no período (-22%).

O Óleo Diesel é o combustível responsável pela maior parcela de emissões de CO<sub>2</sub> do Setor de Transportes, com 61% das emissões em 1994, seguido da Gasolina com 28%. Os dois combustíveis juntos já cobrem quase 90% das emissões do Setor de Transportes e 37% das emissões derivadas da queima de combustíveis fósseis em todos os setores do Brasil em 1994.

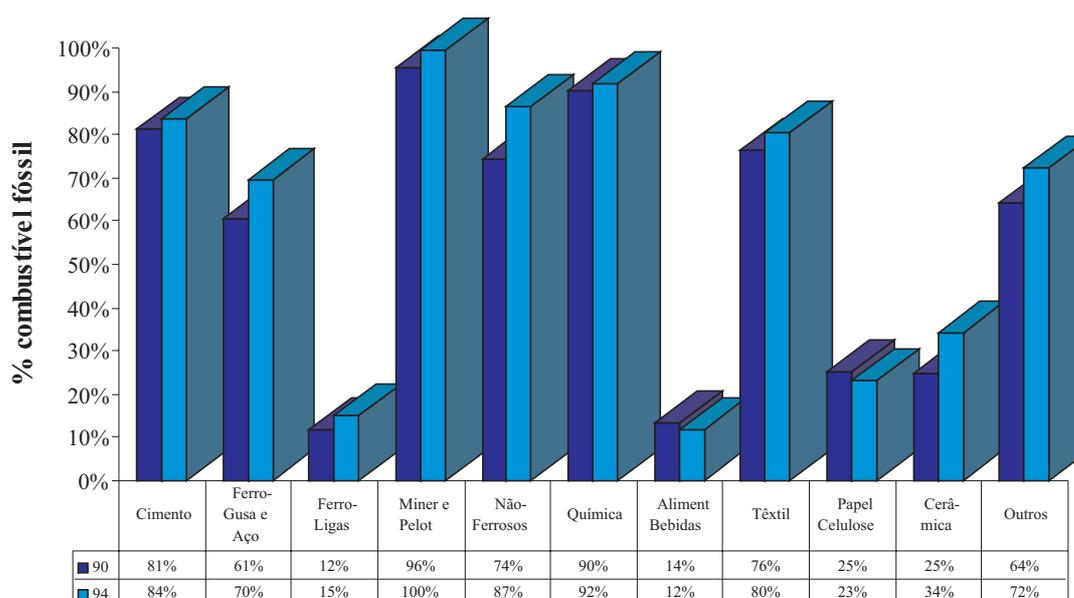
## 3.2 Setor Industrial

### Consumo de Energia

O consumo de energia fóssil no Setor Industrial corresponde a 33% do consumo total<sup>15</sup> de energia do setor em 1994 (ver Figura 19).

Não considerando a hidreletricidade, ou seja, limitando o universo de análise aos combustíveis da biomassa e fósseis, pode-se perceber que a maior parte desses subsetores apresenta um alto percentual de combustíveis fósseis na sua estrutura de consumo. Esse percentual aumentou, no período, para quase todos os subsetores industriais. Somente os subsetores de Papel e Celulose e o de Alimentos e Bebidas apresentaram características opostas, ou seja, pequena participação de combustíveis fósseis com redução da participação no período. É o que mostra a figura abaixo.

**Figura 20** – Evolução da participação dos combustíveis fósseis nos subsetores industriais



A seguir, são apresentadas as tabelas com os dados de consumo de combustíveis fósseis no Setor Industrial, agregados por tipo de combustível e por subsetores.

<sup>15</sup> Considerando que o total inclui biomassa e energia hidráulica.

**Tabela 12** – Consumo de Combustível no Setor Industrial, por combustível

Combustível	Consumo						Taxa Cresc. 1990/94
	1990	1991	1992	1993	1994		
	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	%	%
Querosene Iluminante	2.449	2.277	1.761	1.375	1.546	0,18	-37
Óleo Diesel	13.317	12.586	13.445	16.152	19.717	2,3	48
Óleo Combustível	283.041	283.771	305.765	313.583	306.753	36	8,4
GLP	6.744	7.517	9.322	10.310	13.488	1,6	100
Coque de Petróleo	15.035	16.882	15.550	16.667	21.135	2,5	41
Carvão Vapor	41.539	54.469	39.133	33.248	36.041	4,2	-13
Carvão Metalúrgico				7.389	11.126	1,3	
Alcatrão	4.811	6.529	8.978	9.193	8.377	1,0	74
Coque de Carvão Mineral	216.072	259.028	262.636	277.714	283.127	33	31
Gás Natural	54.573	57.422	62.997	67.880	70.607	8,3	29
Gás de Refinaria	4.151	2.605	2.808	3.093	4.314	0,51	3,9
Outros Prod Sec. de Petróleo	26.719	24.571	22.552	25.344	32.647	3,8	22
Gás Canalizado	2.035	1.750	1.343	773	244	0,03	-88
Gás de Coqueria	35.934	36.992	35.609	36.992	39.271	4,6	9,3
Outras Primárias Fósseis	902	1.160	1.052	859	881	0,10	-2,4
<b>Total</b>	<b>707.321</b>	<b>767.559</b>	<b>782.952</b>	<b>820.572</b>	<b>849.273</b>	<b>100</b>	<b>20</b>
<b>Total Biomassa</b>	710.845	679.616	700.428	730.004	803.266		13
<b>Fóssil/(Fóssil+Biomassa) (%)</b>	<b>49,9</b>	<b>53,0</b>	<b>52,8</b>	<b>52,9</b>	<b>51,4</b>		

**Tabela 13** – Consumo de Combustível Fóssil no Setor Industrial, por subsetor

Setor	Consumo						Taxa Cresc. 1990/94
	1990	1991	1992	1993	1994		
	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	%	%
Cimento	68.771	76.246	61.888	62.576	61.481	7,2	-11
Ferro-Gusa-Aço	281.289	327.080	333.743	355.192	371.638	44	32
Ferro-Ligas	2.010	1.768	2.742	3.145	3.244	0,38	61
Mineração e Pelotização	30.908	30.599	33.364	35.751	40.768	4,8	32
Não-Ferrosos	35.249	36.084	36.694	46.079	43.264	5,1	23
Química	116.155	118.196	122.155	116.297	123.943	15	6,7
Alimentação e Bebidas	42.597	43.042	47.336	48.362	48.491	5,7	14
Têxtil	21.485	20.567	20.370	21.483	18.252	2,1	-15
Papel e Celulose	31.408	34.994	40.291	37.693	38.374	4,5	22
Cerâmica	22.616	23.656	30.002	33.332	34.094	4,0	51
Outras	54.833	55.328	54.367	60.661	65.724	7,7	20
<b>Total</b>	<b>707.321</b>	<b>767.559</b>	<b>782.952</b>	<b>820.572</b>	<b>849.273</b>	<b>100</b>	<b>20</b>

### ***Consumo de Energia Fóssil***

O consumo de combustíveis fósseis no Setor Industrial em 1994 foi de 849.273 TJ ou 25% dos combustíveis fósseis do Brasil. Nesse valor não estão incluídos o consumo industrial de combustíveis fósseis em usos não energéticos, que foi contabilizado na parte relativa ao Consumo Não Energético.

O principal setor consumidor de combustível fóssil para uso energético foi o de Ferro-Gusa e Aço, que consumiu 44% do combustível do Setor Industrial, seguido da Indústria Química (15%), das Outras Indústrias (7,7%) e da Indústria do Cimento (7,2%).

O principal combustível consumido no Setor Industrial, em 1994, foi o Óleo Combustível (36%), seguido do Coque de Carvão Mineral (33%) e do Gás Natural (8,3%), que, juntos, respondem por 78% do consumo industrial. Destes, apenas o Óleo Combustível teve um crescimento (8,4%) abaixo da média do setor (20%). Os outros combustíveis tiveram crescimento bastante acima dessa média: Coque de Carvão Mineral, com 31% e Gás Natural, com 29%.

### ***Emissões de CO<sub>2</sub>***

Inicialmente, seria interessante ressaltar uma particularidade da metodologia de cálculo das emissões brasileiras: as emissões derivadas da produção de energia elétrica pelas Centrais Elétricas Autoprodutoras não são relatadas junto com as emissões do Setor Industrial, como recomenda o IPCC mas sim junto com as emissões do Setor Energético Amplo (ver item 3.3).

A seguir, são apresentadas as tabelas com os dados das emissões de CO<sub>2</sub> no Setor Industrial, agregados por tipo de combustível e por subsetor.

**Tabela 14** – Emissões de CO<sub>2</sub> do Setor Industrial, por combustível

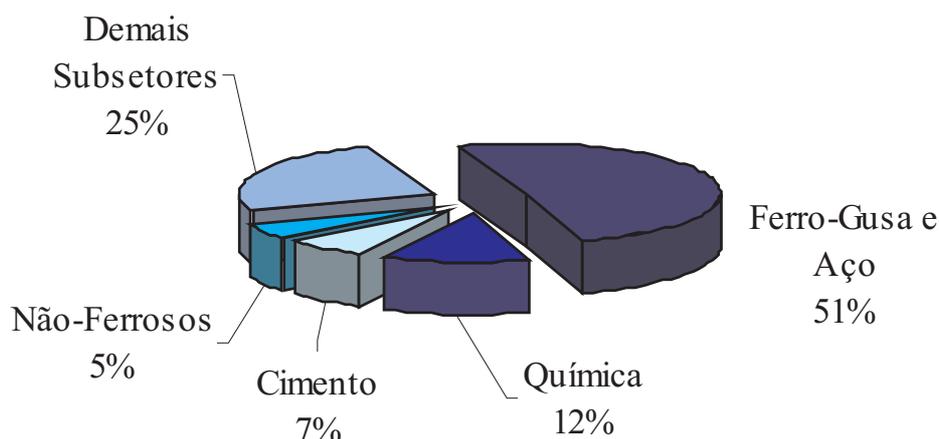
Combustível	Emissões de CO <sub>2</sub>					
	1990	1991	1992	1993	1994	
	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	%
Querosene Iluminante	174	162	125	98	110	0,15
Óleo Diesel	976	923	986	1.184	1.446	2,0
Óleo Combustível	21.679	21.735	23.419	24.018	23.495	32
GLP	421	469	582	644	842	1,1
Coque de Petróleo	1.501	1.685	1.552	1.664	2.110	2,8
Carvão Vapor	3.851	5.050	3.628	3.082	3.341	4,5
Carvão Metalúrgico				685	1.031	1,4
Alcatrão	446	605	832	852	777	1,0
Coque de Carvão Mineral	22.904	27.458	27.840	29.439	30.012	41
Gás Natural	3.046	3.205	3.516	3.789	3.941	5,3
Gás de Refinaria	276	173	186	205	286	0,39
Outros Prod. Sec. Petróleo	1.940	1.784	1.637	1.840	2.370	3,2
Gás Canalizado	114	98	75	43	14	0,02
Gás de Coqueria	3.867	3.981	3.832	3.981	4.227	5,7
Outras Primárias Fósseis	65	83	76	62	63	0,09
<b>Total</b>	<b>61.260</b>	<b>67.412</b>	<b>68.289</b>	<b>71.587</b>	<b>74.066</b>	<b>100</b>

**Tabela 15** – Emissões de CO<sub>2</sub> do Setor Industrial, por subsetor

Setor	Emissões de CO <sub>2</sub>					
	1990	1991	1992	1993	1994	
	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	%
Cimento	5.628	6.384	4.999	5.011	4.940	6,7
Ferro-Gusa e Aço	28.536	33.343	33.925	36.055	37.606	51
Ferro-Ligas	208	155	246	264	281	0,38
Mineração e Pelotização	2.405	2.384	2.637	2.791	3.215	4,3
Não Ferrosos	3.085	3.194	3.213	4.092	3.860	5,2
Química	8.552	8.733	8.990	8.504	9.038	12
Alimentos e Bebidas	3.201	3.214	3.514	3.594	3.615	4,9
Têxtil	1.599	1.523	1.497	1.583	1.332	1,8
Papel e Celulose	2.445	2.710	3.098	2.885	2.936	4,0
Cerâmica	1.680	1.775	2.220	2.465	2.501	3,4
Outras	3.921	3.997	3.950	4.344	4.741	6,4
<b>Total</b>	<b>61.260</b>	<b>67.412</b>	<b>68.289</b>	<b>71.587</b>	<b>74.066</b>	<b>100</b>

O Setor Industrial é o segundo setor que mais emitiu, com 74.066 Gg ou 32% das emissões de CO<sub>2</sub> em 1994. É um setor muito intensivo em carbono, já que a sua participação no consumo de combustíveis fósseis é de 25%. Entre os vários subsetores aqui analisados, o subsetor de Ferro-Gusa e Aço é o que mais emite, com 51% das emissões de CO<sub>2</sub> do Setor Industrial. A figura abaixo mostra essa distribuição.

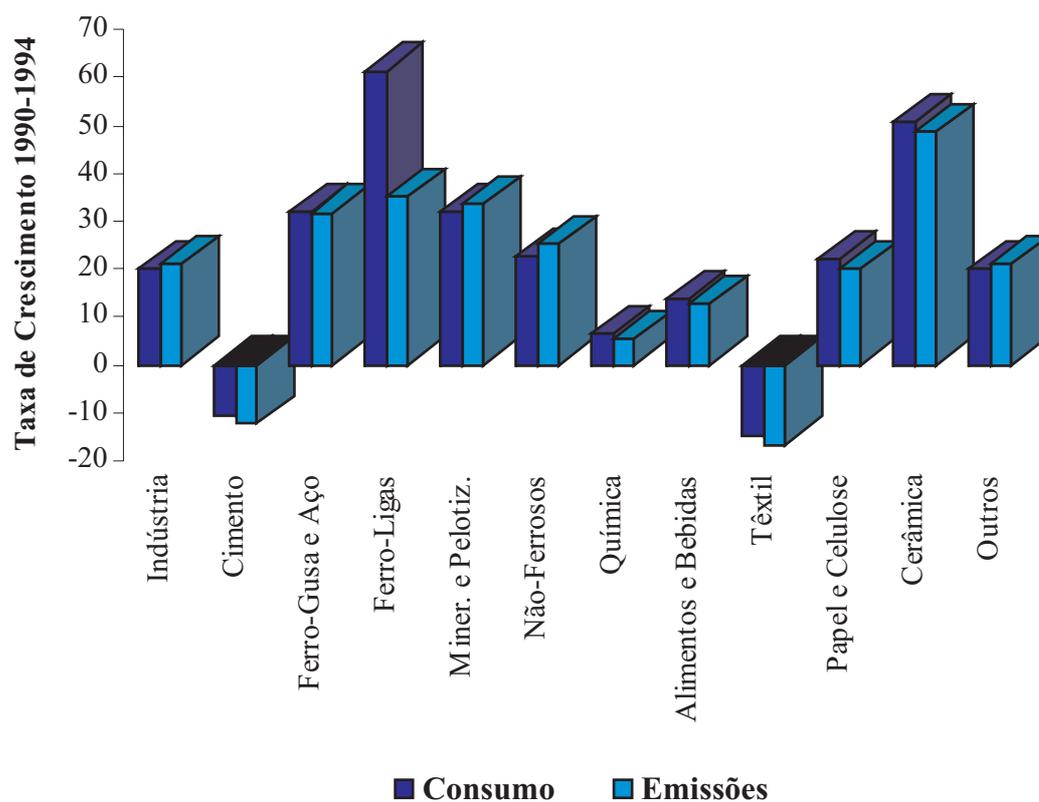
**Figura 21** – Distribuição das emissões de CO<sub>2</sub> do Setor Industrial, em 1994



As emissões do Setor Industrial cresceram 21% no período, taxa superior à média nacional, que foi de 17%. O subsetor que mais aumentou suas emissões foi o de Cerâmica (49%), seguido pelos de Ferro-Ligas (35%), Mineração e Pelotização (34%) e Ferro-Gusa e Aço (32%), que também é intensivo em carbono. Os únicos subsetores que reduziram as emissões foram o Têxtil (-17%) e o Cimento (-12%).

A evolução da intensidade de carbono de cada setor pode ser avaliada comparando-se a evolução das taxas de crescimento do consumo energético e das taxas de crescimento das emissões. Na Figura 22, verifica-se quais são os setores que se tornaram mais intensivos em carbono durante o período de 1990 a 1994. O Setor Industrial como um todo ficou levemente mais intensivo em carbono. Somente o subsetor de Ferro-Ligas reduziu muito a intensidade de carbono, devido a uma mudança na sua estrutura de consumo, com o aumento da participação do Gás Natural.

Em termos de combustível, os dois maiores responsáveis pelas emissões de CO<sub>2</sub> no Setor Industrial foram o Coque de Carvão Mineral (41%) e o Óleo Combustível (32%). Os outros combustíveis têm importância reduzida em termos de emissões, já que a participação individual não chega a 6%.

**Figura 22** – Evolução das taxas de crescimento do consumo e das emissões

Desagregando as emissões dos setores por combustível (Tabela 16), observa-se que apenas o Coque de Carvão Mineral, utilizado na Indústria de Ferro-Gusa e Aço, é responsável por 39% das emissões do Setor Industrial. Essa importância é explicada pelo fato de grande parte do Coque de Carvão Mineral não ser queimada no processo de geração de energia, e sim, utilizada no processo de redução para a produção do aço. Esses dois processos ocorrem simultaneamente no alto-forno e não é possível determinar a parte que deveria ser atribuída à geração de energia e a parte que deveria ser considerada como processo industrial. Ainda na Indústria de Ferro-Gusa e Aço, as emissões do Gás de Coqueria (5,7%) são bastante significativas, assim como as do Óleo Combustível da Indústria Química (6,1%). Os três juntos já cobrem 51% das emissões do Setor Industrial. O Óleo Combustível é o maior responsável pelas emissões de CO<sub>2</sub> em quase todos os seus subsetores.

**Tabela 16** – Estrutura das emissões de CO<sub>2</sub> no Setor Industrial, por subsetores e combustíveis, em 1994 (%)

Combustível	Cimento	Ferro-Gusa e Aço	Ferro-Ligas	Mineração e Pelotização	Não-Ferrosos	Química	Alimentos e Bebidas	Têxtil	Papel e Celulose	Cerâmica	Outros	Total do Combustível
Querosene Iluminante	0,00	0,04		0,01			0,04	0,00	0,01	0,01	0,04	0,15
Óleo Diesel	0,07	0,17		0,56		0,28	0,12	0,01	0,09	0,03	0,63	2,0
Óleo Combustível	4,6	2,0		2,7	1,6	6,1	3,7	1,5	3,0	2,1	4,2	32
GLP		0,11		0,00	0,07	0,05	0,09	0,01	0,03	0,48	0,29	1,1
Coque de Petróleo	0,01	0,01		0,01	2,5	0,14			0,13		0,04	2,8
Carvão Vapor	1,8	0,05	0,05		0,36	0,65	0,42	0,02	0,45	0,44	0,23	4,5
Carvão Metalúrgico		1,4										1,4
Alcatrão	0,02	1,0										1,0
Coque de Carvão Mineral		39	0,24	0,84	0,53							41
Gás Natural	0,02	1,3	0,08	0,23	0,10	1,3	0,47	0,24	0,27	0,31	0,92	5,3
Gás de Refinaria						0,39						0,39
Out. Prod. Sec. Petróleo						3,2						3,2
Gás Canalizado			0,01				0,00				0,01	0,02
Gás de Coqueria		5,7			0,01							5,7
Outras Primárias Fósseis	0,09											0,1
<b>Total dos Setores</b>	<b>6,7</b>	<b>51</b>	<b>0,38</b>	<b>4,3</b>	<b>5,2</b>	<b>12</b>	<b>4,9</b>	<b>1,8</b>	<b>4,0</b>	<b>3,4</b>	<b>6,4</b>	<b>100</b>

### 3.3 Setor Energético Amplo

O Setor Energético “AmplO” é definido aqui como todas as atividades de extração, refino e produção de combustíveis fósseis, além da produção de energia elétrica a partir das termelétricas convencionais. O Setor Energético Amplo referido agrega, além da categoria do consumo final do Setor Energético do BEN, as categorias do consumo intermediário (ou dos setores de transformação) que são as Centrais Elétricas de Serviço Público, as Centrais Elétricas Autoprodutoras e as Carvoarias<sup>16</sup>. Segundo o IPCC (1997), deve-se relatar o consumo das Centrais Elétricas Autoprodutoras no Setor Industrial, juntamente com o consumo da indústria onde essa energia é gerada como atividade secundária. A exclusão do consumo energético das Centrais Elétricas Autoprodutoras do Setor Industrial e a sua inclusão no Setor Energético Amplo foi decidida, já que não é possível identificar o consumo das Centrais Elétricas Autoprodutoras por categoria de indústria. Lembremos, também, que o consumo referido é exclusivamente o consumo de combustível para o funcionamento dessa indústria e não inclui o combustível utilizado como matéria-prima, como, por exemplo, o petróleo para o refino.

As tabelas a seguir mostram o consumo e as emissões do Setor Energético Amplo.

<sup>16</sup> As emissões de CO<sub>2</sub> das Carvoarias não são contabilizadas por terem a sua origem na biomassa.

**Tabela 17 – Consumo de Combustível no Setor Energético Amplo**

	Consumo						Taxa Cresc. 1990/94
	1990	1991	1992	1993	1994		
	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	%	%
<b>Combustíveis Fósseis</b>							
<b>Cent. Elétr. Serv. Púb.</b>	<b>70.824</b>	<b>80.885</b>	<b>89.992</b>	<b>78.728</b>	<b>86.368</b>	<b>25</b>	<b>22</b>
Óleo Diesel	19.030	19.202	25.473	21.908	23.368	6,9	23
Óleo Combustível	11.856	14.648	18.385	14.906	18.600	5,5	57
Carvão Vapor	39.735	46.994	46.092	41.711	44.073	13	11
Gás Natural	203	41	41	203	326	0,10	60
<b>Centr. Elét. Autoprodutoras</b>	<b>39.714</b>	<b>41.492</b>	<b>53.848</b>	<b>55.164</b>	<b>47.774</b>	<b>14</b>	<b>20</b>
Óleo Diesel	4.768	4.725	4.296	4.382	4.425	1,3	-7,2
Óleo Combustível	17.612	17.483	16.581	17.784	16.281	4,8	-7,6
Carvão Vapor	859	902	1.632	1.933	2.406	0,71	180
Alcatrão	1.160	1.289	1.246	1.246	730	0,21	-37
Gás Natural	2.808	3.215	6.104	6.064	5.942	1,7	112
Outros Prod Sec. de Petróleo	902	902	8.677	7.002	7.517	2,2	733
Gás de Coqueria	3.744	4.599	6.226	6.552	3.215	0,94	-14
Outras Primárias Fósseis	7.861	8.377	9.085	10.202	7.260	2,1	-7,7
<b>Cons. Setor Energético</b>	<b>192.443</b>	<b>175.862</b>	<b>184.573</b>	<b>199.949</b>	<b>206.838</b>	<b>61</b>	<b>7,5</b>
Querosene Iluminante	129	172	601	515	215	0,06	67
Óleo Diesel	17.870	18.815	20.963	13.746	10.267	3,0	-43
Óleo Combustível	69.203	46.049	46.823	57.991	68.945	20	-0,37
GLP	859	988	773	1.031	644	0,19	-25
Coque de Petróleo	730						-100
Gás Natural	32.272	28.080	31.173	37.969	36.016	11	12
Gás de Refinaria	57.991	67.026	68.694	71.421	75.531	22	30
Outros Prod Sec. de Petróleo				1.160			
Gás Canalizado				41			
Gás de Coqueria	13.389	14.732	15.546	16.075	15.220	4,5	14
<b>Total Fóssil</b>	<b>302.982</b>	<b>298.238</b>	<b>328.413</b>	<b>333.841</b>	<b>340.980</b>	<b>100</b>	<b>13</b>
<b>Consumo de Biomassa</b>							
<b>Cent. Elétr. Serviço Público</b>							
<b>Cent. Elétr. Autoprodutoras</b>	39.176	43.343	47.574	48.777	50.345		29
<b>Carvoarias</b>	542.112	475.443	436.482	459.420	465.134		-14
<b>Consumo Setor Energético</b>	282.826	317.320	299.837	288.711	317.578		12
<b>Total Biomassa</b>	<b>864.114</b>	<b>836.106</b>	<b>783.893</b>	<b>796.908</b>	<b>833.057</b>		<b>-4</b>
<b>Fóssil/(Fóssil+Biomassa) (%)</b>	<b>26,0</b>	<b>26,3</b>	<b>29,5</b>	<b>29,5</b>	<b>29,0</b>		

**Tabela 18** – Emissões de CO<sub>2</sub> do Setor Energético Amplo

Combustível	Emissões de CO <sub>2</sub>					
	1990	1991	1992	1993	1994	
	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	%
<b>Cent. Elét. Serviço Público</b>	<b>5.999</b>	<b>6.889</b>	<b>7.551</b>	<b>6.626</b>	<b>7.242</b>	<b>28</b>
Óleo Diesel	1.395	1.408	1.868	1.606	1.714	6,7
Óleo Combustível	908	1.122	1.408	1.142	1.425	5,6
Carvão Vapor	3.684	4.357	4.273	3.867	4.086	16
Gás Natural	11	2	2	11	18	0,07
<b>Cent. Elét. Autoprodutoras</b>	<b>3.076</b>	<b>3.231</b>	<b>4.146</b>	<b>4.263</b>	<b>3.607</b>	<b>14</b>
Óleo Diesel	350	346	315	321	324	1,3
Óleo Combustível	1.349	1.339	1.270	1.362	1.247	4,9
Carvão Vapor	80	84	151	179	223	0,87
Alcatrão	108	119	115	115	68	0,26
Gás Natural	157	179	341	338	332	1,3
Outros Produtos Sec. Petróleo	65	65	630	508	546	2,1
Gás de Coqueria	403	495	670	705	346	1,4
Outras Primárias Fósseis	565	602	653	733	522	2,0
<b>Cons. Setor Energético</b>	<b>13.839</b>	<b>12.584</b>	<b>13.189</b>	<b>14.229</b>	<b>14.753</b>	<b>58</b>
Querosene Iluminante	9	12	43	37	15	0,06
Óleo Diesel	1.310	1.380	1.537	1.008	753	2,9
Óleo Combustível	5.300	3.527	3.586	4.442	5.281	21
GLP	54	62	48	64	40	0,16
Coque de Petróleo	73					
Gás Natural	1.801	1.567	1.740	2.119	2.010	7,9
Gás de Refinaria	3.851	4.450	4.561	4.742	5.015	20
Outros Produtos Sec. Petróleo				84		
Gás Canalizado				2		
Gás de Coqueria	1.441	1.586	1.673	1.730	1.638	6,4
<b>Total</b>	<b>22.914</b>	<b>22.704</b>	<b>24.886</b>	<b>25.119</b>	<b>25.602</b>	<b>100</b>

### Consumo de Energia

Enquanto o consumo das Centrais Elétricas Autoprodutoras e o Consumo do Setor Energético são bastante diversificados, o das Centrais Elétricas de Serviço Público fica restrito a quatro combustíveis.

Com participação acima de 10% no consumo total do Setor Energético Amplo, em 1994, existem o Gás de Refinaria do Consumo do Setor Energético, com participação de 22%, o Óleo Combustível do Consumo do Setor Energético, com 20%, o Carvão Vapor das Centrais Elétricas de Serviço Público, com 13%, e o Gás Natural do Consumo do Setor Energético, com 11%. Apesar de as Centrais Elétricas de Serviço Público não consumirem combustíveis da biomassa, no Setor Energético Amplo a maior parte dos combustíveis vem da biomassa (71%), que é também preponderante nas Centrais Elétricas Autoprodutoras (51%) e no Consumo do Setor Energético (61%).

## ***Emissões de CO<sub>2</sub>***

O Setor Energético Amplo é o terceiro setor que mais emite CO<sub>2</sub>, com 11% das emissões brasileiras derivadas da queima de combustíveis fósseis. Sua taxa de crescimento de emissões de CO<sub>2</sub> no período (12%) é mais baixa do que a taxa nacional (17%) e também mais baixa do que a taxa de crescimento do seu consumo de combustíveis fósseis (13%), o que permite afirmar que o setor se tornou menos intensivo em carbono.

Dos três subsetores, o Consumo do Setor Energético é responsável por 58% das emissões. Do total das emissões do Setor Energético Amplo, no ano de 1994, as principais emissões foram as do Óleo Combustível (31%), do Gás de Refinaria (20%), do Carvão Vapor (17%), do Óleo Diesel (11%), do Gás Natural (9,2%) e do Gás de Coqueria (7,7%).

Dos combustíveis acima listados, o Gás de Refinaria merece atenção especial, já que, além da participação significativa, também apresenta uma alta taxa de crescimento no período (30%). Com um perfil semelhante, há o Gás Natural, com 20% de crescimento no período. O Óleo Combustível foi o maior responsável pelas emissões de CO<sub>2</sub> no Setor Energético Amplo, em 1994, tendo apresentado uma pequena taxa de crescimento no período (5,2%), o que indica uma redução na sua importância relativa, caso permaneça essa tendência. O Óleo Diesel, com taxa de crescimento negativa (-8,7%), perde rapidamente sua importância como combustível no Setor Energético Amplo.

### **3.4 Setor Residencial**

#### ***Consumo de Energia***

O consumo de energia fóssil no Setor Residencial corresponde a apenas 23% da energia consumida no setor<sup>17</sup>, como foi visto na Figura 19.

Com relação ao país como um todo, o Setor Residencial consumiu, em 1994, 7,1% da energia proveniente de combustíveis fósseis. O crescimento desse consumo, no período 1990/1994, foi de 10%, menor, portanto, que o crescimento médio de 16%. O combustível predominante é o GLP, com 97% de participação. Os outros combustíveis são marginais, mas suas taxas de crescimento são extremas, o que indica uma possível mudança estrutural. O Gás Natural teve um rápido crescimento no consumo (550%), no período 1990/1994, substituindo o Gás Canalizado (-34%) e os combustíveis da biomassa (-16%), basicamente a Lenha. Com o processo de eletrificação, a tendência do Querosene Iluminante é desaparecer.

<sup>17</sup> Considerando que o total inclui biomassa e energia hidráulica.

**Tabela 19** – Consumo de Combustíveis no Setor Residencial

Combustível	Consumo						Taxa Cresc. 1990/94
	1990	1991	1992	1993	1994		
	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	%	%
Querosene Iluminante	5.370	5.241	4.296	3.823	3.265	1,3	-39
GLP	208.898	214.869	224.491	233.297	235.058	97	13
Gás Natural	163	203	203	692	1.058	0,44	550
Gás Canalizado	5.657	5.779	5.372	5.209	3.744	1,5	-34
<b>Total Fóssil</b>	<b>220.087</b>	<b>226.092</b>	<b>234.362</b>	<b>243.021</b>	<b>243.125</b>	<b>100</b>	<b>10</b>
<b>Total Biomassa</b>	<b>364.529</b>	<b>361.952</b>	<b>360.449</b>	<b>316.719</b>	<b>307.569</b>		<b>-16</b>
<b>Fóssil/(Fóssil+Biomassa) (%)</b>	<b>37,6</b>	<b>38,4</b>	<b>39,4</b>	<b>43,4</b>	<b>44,1</b>		

*Emissões de CO<sub>2</sub>*

Apenas 6,6% das emissões devidas à queima de combustíveis fósseis no Brasil vêm do Setor Residencial. Quase a totalidade das emissões do Setor Residencial deve-se à queima de GLP (97%). As outras emissões desempenham papel marginal.

**Tabela 20** – Emissões de CO<sub>2</sub> do Setor Residencial

Combustível	Emissões de CO <sub>2</sub>					
	1990	1991	1992	1993	1994	
	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	%
Querosene Iluminante	382	373	306	272	232	1,5
GLP	13.043	13.416	14.016	14.566	14.676	97
Gás Natural	9	11	11	39	59	0,39
Gás Canalizado	316	323	300	291	209	1,4
<b>Total</b>	<b>13.750</b>	<b>14.122</b>	<b>14.633</b>	<b>15.168</b>	<b>15.176</b>	<b>100</b>

### 3.5 Setor Agropecuário

#### *Consumo de Energia*

O consumo de energia fóssil no Setor Agropecuário corresponde a 50% da energia total<sup>18</sup> consumida no setor (ver Figura 19).

Com relação ao país como um todo, o Setor Agropecuário consumiu, em 1994, 5,0% da energia para queima de combustíveis fósseis. O seu crescimento, no período de 1990 a 1994, foi de 25%, bem maior do que a média nacional de 16%. Pode-se constatar um aumento do consumo de combustíveis fósseis e uma redução do consumo de biomassa. No período, o consumo de Óleo Diesel aumentou 24%, o do Óleo Combustível, 135%; enquanto o da biomassa foi reduzido em 15%. Praticamente todo o consumo de combustíveis fósseis do Setor Agropecuário vem do Óleo Diesel (98%). O Óleo Combustível, cuja participação é diminuta (1,5%), apresentou altas taxas de crescimento no período (135%).

**Tabela 21** – Consumo de Combustíveis do Setor Agropecuário

Combustível	Consumo						Taxa Cresc. 1990/94
	1990	1991	1992	1993	1994		
	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	%	%
Querosene Iluminante			43	43			
Óleo Diesel	135.141	141.198	144.850	160.056	167.917	98	24
Óleo Combustível	1.117	902	1.332	1.461	2.620	1,5	135
GLP	43	43	43	43	43	0,03	
<b>Total</b>	<b>136.301</b>	<b>142.143</b>	<b>146.267</b>	<b>161.603</b>	<b>170.581</b>	<b>100</b>	<b>25</b>
<b>Total Biomassa</b>	92.485	89.951	81.875	79.856	78.611		-15
<b>Fóssil/(Fóssil+Biomassa) (%)</b>	<b>59,6</b>	<b>61,2</b>	<b>64,1</b>	<b>66,9</b>	<b>68,5</b>		

#### *Emissões de CO<sub>2</sub>*

Apenas 5,4% das emissões devidas à queima de combustíveis fósseis no Brasil vêm do Setor Agropecuário. Quase a totalidade dessas emissões deve-se à queima de Óleo Diesel (98%) e a sua taxa de crescimento no período (24%) foi bastante alta. O Óleo Combustível foi o responsável por apenas 1,6% das emissões do Setor Agropecuário, mas com altas taxas de crescimento.

<sup>18</sup> Considerando que o total inclui biomassa e energia hidráulica.

**Tabela 22** – Emissões de CO<sub>2</sub> do Setor Agropecuário

Combustível	Emissões de CO <sub>2</sub>					
	1990	1991	1992	1993	1994	
	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	%
Querosene Iluminante			3	3		
Óleo Diesel	9.909	10.354	10.621	11.736	12.313	98
Óleo Combustível	86	69	102	112	201	1,6
GLP	3	3	3	3	3	0,02
<b>Total</b>	<b>9.998</b>	<b>10.425</b>	<b>10.729</b>	<b>11.854</b>	<b>12.516</b>	<b>100</b>

### 3.6 Setor Comercial

#### *Consumo de Energia*

O consumo de energia fóssil do Setor Comercial é uma pequena parte (12%) do consumo energético do setor<sup>19</sup>, conforme foi mostrado na Figura 19.

Com relação ao país como um todo, o Setor Comercial contribuiu, em 1994, com apenas 0,64% da energia para a queima de combustíveis fósseis. Associada a essa pequena contribuição, o consumo caiu em 27% no período de 1990 a 1994. O principal combustível fóssil do setor é o Óleo Combustível, com 54% do consumo, seguido do GLP (25%) e do Óleo Diesel (13%). Tanto o Gás Natural quanto o Óleo Diesel apresentaram altas taxas de crescimento no período, respectivamente 1200% e 79%, enquanto os outros combustíveis apresentaram retração no mesmo período.

Verifica-se, também, retração no consumo de biomassa (-11%).

<sup>19</sup> Considerando que o total inclui biomassa e energia hidráulica.

**Tabela 23** – Consumo de Combustíveis no Setor Comercial

Combustível	Consumo						Taxa Cresc. 1990/94
	1990	1991	1992	1993	1994		
	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	%	%
Querosene Iluminante					86	0,39	
Óleo Diesel	1.632	1.761	1.804	2.019	2.921	13	79
Óleo Combustível	12.028	11.383	11.255	11.770	11.770	54	-2,1
GLP	14.133	12.243	13.445	5.455	5.413	25	-62
Gás Natural	41	81	81	366	529	2,4	1.200
Gás Canalizado	2.157	2.320	2.035	2.075	1.221	5,6	-43
<b>Total</b>	<b>29.990</b>	<b>27.788</b>	<b>28.620</b>	<b>21.686</b>	<b>21.940</b>	<b>100</b>	<b>-27</b>
<b>Total Biomassa</b>	7.088	6.916	6.830	6.658	6.315		-11
<b>Fóssil/(Fóssil+Biomassa) (%)</b>	<b>80,9</b>	<b>80,1</b>	<b>80,7</b>	<b>76,5</b>	<b>77,7</b>		

**Emissões de CO<sub>2</sub>**

Em 1994, apenas 0,67% das emissões devidas à queima de combustíveis fósseis no Brasil vieram do Setor Comercial. A maior parte dessas emissões se deveu à queima de Óleo Combustível (58%), do GLP (22%) e do Óleo Diesel (14%).

**Tabela 24** – Emissões de CO<sub>2</sub> do Setor Comercial

Combustível	Emissões de CO <sub>2</sub>					
	1990	1991	1992	1993	1994	
	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	%
Querosene Iluminante					6,1	0,39
Óleo Diesel	120	129	132	148	214	14
Óleo Combustível	921	872	862	902	902	58
GLP	882	764	839	341	338	22
Gás Natural	2,3	4,5	4,5	20	30	1,9
Gás Canalizado	120	129	114	116	68	4,4
<b>Total</b>	<b>2.046</b>	<b>1.899</b>	<b>1.952</b>	<b>1.526</b>	<b>1.557</b>	<b>100</b>

### 3.7 Setor Público

#### Consumo de Energia

O consumo de energia fóssil do Setor Público é apenas uma pequena parte (15%) do consumo energético do setor<sup>20</sup>, como foi mostrado na Figura 19.

Com relação ao país como um todo, o Setor Público contribuiu, em 1994, com 0,77% da energia para queima de combustíveis fósseis. No entanto, o seu crescimento no período de 1990 a 1994 foi de 277%.

O principal combustível do setor é o Óleo Combustível, com 60% do consumo, seguido do Óleo Diesel (29%). Os dois juntos totalizam 89% do consumo e apresentam acentuado crescimento no período: Óleo Combustível (587%) e Óleo Diesel (123%). A irregularidade na tendência de crescimento do consumo dos combustíveis fósseis, com grandes variações, deve-se ao fato de que eles desempenham um papel marginal no consumo do setor, dominado pela Eletricidade.

Houve, no período, uma importante retração no consumo de biomassa (-20%).

**Tabela 25** – Consumo de Combustíveis no Setor Público

Combustível	Consumo						Taxa Cresc. 1990/94
	1990	1991	1992	1993	1994		%
	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	%	
Querosene Iluminante	43	43	43	43			-100
Óleo Diesel	3.437	3.651	3.093	3.351	7.646	29	123
Óleo Combustível	2.277	2.191	2.577	6.830	15.636	60	587
GLP	687	945	816	1.332	1.804	6,9	163
Coque de Petróleo					730	2,8	
Gás Natural	81	81	41	122	122	0,47	50
Outros Produtos Sec. Petróleo	129						-100
Gás Canalizado	285	326	326	285	203	0,78	-29
<b>Total</b>	<b>6.939</b>	<b>7.237</b>	<b>6.896</b>	<b>11.962</b>	<b>26.142</b>	<b>100</b>	<b>277</b>
<b>Total Biomassa</b>	215	215	172	172	172		-20
<b>Fóssil/(Fóssil+Biomassa) (%)</b>	<b>97,0</b>	<b>97,7</b>	<b>97,6</b>	<b>98,6</b>	<b>99,3</b>		

<sup>20</sup> Considerando que o total inclui biomassa e energia hidráulica.

## Emissões de CO<sub>2</sub>

Apenas 0,85% das emissões devidas à queima de combustíveis fósseis no Brasil vêm do Setor Público. A maior parte dessas emissões deve-se à queima de Óleo Combustível (61%) e de Óleo Diesel (29%).

**Tabela 26** – Emissões de CO<sub>2</sub> do Setor Público

Combustível	Emissões					
	1990	1991	1992	1993	1994	
	Gg CO <sub>2</sub>	%				
Querosene Iluminante	3,1	3,1	3,1	3,1		
Óleo Diesel	252	268	227	246	561	29
Óleo Combustível	174	168	197	523	1.198	61
GLP	43	59	51	83	113	5,7
Coque de Petróleo					73	3,7
Gás Natural	4,5	4,5	2,3	6,8	6,8	0,35
Out. Prod. Sec. Petróleo	9,4					
Gás Canalizado	16	18	18	16	11	0,58
<b>Total</b>	<b>502</b>	<b>520</b>	<b>499</b>	<b>878</b>	<b>1.962</b>	<b>100</b>

### 3.8 Consumo Não Energético

O cálculo das emissões dos combustíveis consumidos em usos não energéticos é feito porque, mesmo nos processos em que o objetivo final não seja gerar energia, pode haver emissão de CO<sub>2</sub>. No BEN, os dados sobre Consumo Não Energético são apresentados separados do consumo final energético. Na metodologia do IPCC, as emissões dos combustíveis de uso não energético são calculadas numa planilha à parte, cujo objetivo é calcular o carbono estocado. A parte que não é estocada é, portanto, emitida e chamada aqui de emissões do “Consumo Não Energético”.

Cabe observar que alguns dos combustíveis, apesar de apresentarem consumo, não apresentam emissões. Para esses combustíveis, a fração estocada de carbono é 1, ou seja, supõe-se que todo o carbono seja estocado e que as emissões sejam nulas (Ver Anexo I - Metodologia).

**Tabela 27** – Consumo de Combustíveis para fins Não Energéticos

Combustível	Consumo						Taxa Cresc. 1990/94
	1990	1991	1992	1993	1994		
	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	%	%
Querosene Iluminante	3.394	3.351	2.749	2.620	1.332	0,3	-61
Nafta	205.375	199.920	218.048	225.178	254.346	58	24
Asfalto	51.634	40.250	50.517	46.307	53.481	12	4
Lubrificantes	29.382	28.265	23.497	25.817	26.934	6,1	-8
Out Prod Não Energ. Petróleo	54.770	57.476	50.130	51.591	51.934	12	-5
Alcatrão	4.596	4.983	2.062	2.320	3.179	0,7	-31
Gás Natural	35.487	37.277	36.260	36.178	39.027	8,9	10
Gás de Refinaria	9.726	8.790	6.552	8.017	8.587	2,0	-12
<b>Total</b>	<b>394.364</b>	<b>380.313</b>	<b>389.815</b>	<b>398.029</b>	<b>438.819</b>	<b>100</b>	<b>11</b>
<b>Total Biomassa</b>	20.490	14.648	14.863	19.073	22.509		10
<b>Fóssil/(Fóssil+Biomassa) (%)</b>	<b>95,1</b>	<b>96,3</b>	<b>96,3</b>	<b>95,4</b>	<b>95,1</b>		

**Emissões de CO<sub>2</sub>**

O Consumo Não Energético gerou 6.204 Gg de CO<sub>2</sub> ou 2,7% das emissões de CO<sub>2</sub> do sistema energético brasileiro em 1994. A maior parte dessas emissões veio do uso da Nafta (60%), seguida do Gás Natural (24%) e dos Lubrificantes (16%).

**Tabela 28** – Emissões de CO<sub>2</sub> do Consumo Não Energético

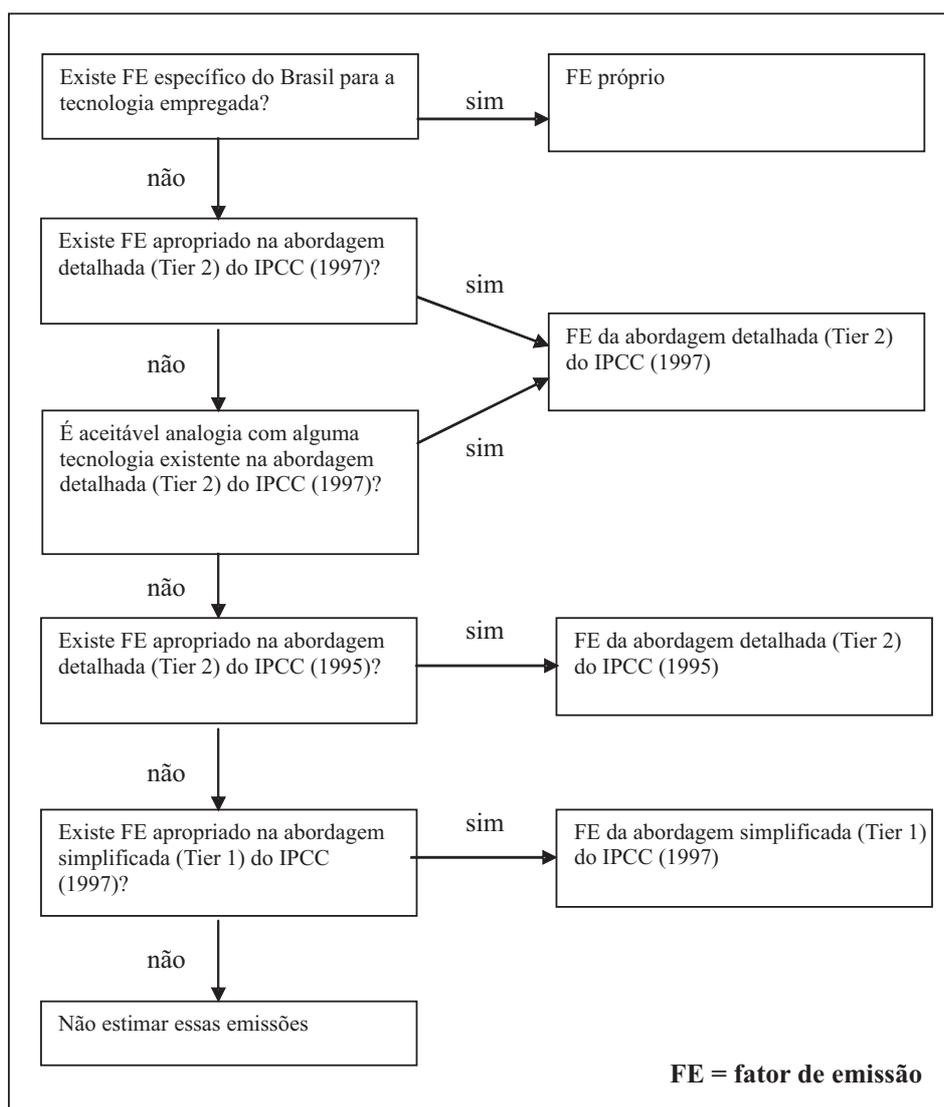
Combustível	Emissões de CO <sub>2</sub>					
	1990	1991	1992	1993	1994	
	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	%
Querosene Iluminante						
Nafta	2.982	2.903	3.166	3.270	3.693	60
Asfalto						
Lubrificantes	1.067	1.026	853	937	978	16
Out Prod Não Ene. Petr.						
Alcatrão	107	115	48	54	74	1,2
Gás Natural	1.327	1.394	1.356	1.353	1.460	24
Gás de Refinaria						
<b>Total</b>	<b>5.482</b>	<b>5.438</b>	<b>5.423</b>	<b>5.614</b>	<b>6.204</b>	<b>100</b>

## 4 Emissões de Gases Não-CO<sub>2</sub>

Os gases de efeito estufa inventariados juntamente com o CO<sub>2</sub> são: o monóxido de carbono (CO), o metano (CH<sub>4</sub>), os óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), o óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) e os compostos orgânicos voláteis não metânicos (NMVOC). Esses gases serão tratados neste trabalho, de forma genérica, como gases “não-CO<sub>2</sub>”.

Conforme explicitado no Anexo I, a aplicação da metodologia *bottom-up* para os gases não-CO<sub>2</sub> depende do conhecimento da destinação ou do uso final da energia para os setores e subsetores consumidores do sistema energético brasileiro, além dos fatores de emissão das tecnologias ou equipamentos utilizados no consumo final de energia. Assim, são necessárias informações adicionais sobre essas tecnologias ou equipamentos, para cada setor ou subsetor de consumo, e os combustíveis neles empregados.

Nem sempre se tem disponíveis os fatores de emissão adequados às tecnologias de consumo empregadas no sistema energético brasileiro. Os critérios utilizados para a escolha dos fatores de emissão adotados neste trabalho encontram-se ilustrados na árvore de decisão representada pelo fluxograma a seguir:



As incertezas quanto aos resultados obtidos para esses gases de efeito estufa são muito significativas. Conseqüentemente, os resultados aqui obtidos devem ser considerados como preliminares e indicativos.

Com relação ao estabelecimento da destinação ou do uso final da energia, vale destacar que os resultados aqui apresentados tiveram como base principal o Balanço de Energia Útil - BEU (BEU, 1995), em que foram estimados os coeficientes de destinação do consumo de energia com base no estoque de equipamentos e tecnologias de consumo existentes no Brasil em 1993. Portanto, como esses coeficientes e os fatores de emissão adotados foram considerados invariantes durante o período de análise (exceto para os combustíveis Gasolina e Álcool Etílico consumidos no transporte rodoviário), as variações nas emissões que foram encontradas devem-se unicamente à variação no consumo de combustível. Somente com séries de dados mais completas e abrangentes seria possível captar o caráter dinâmico das mudanças tecnológicas do sistema energético.

Os setores analisados foram os de consumo final de energia e os setores de geração termelétrica e de produção de Carvão Vegetal.

O Anexo I descreve a metodologia empregada no cálculo das emissões de gases não-CO<sub>2</sub> e, no Anexo II, são apresentadas planilhas contendo os resultados dos cálculos detalhados, elaborados para a determinação das emissões.

#### **4.1 Monóxido de Carbono (CO)**

O monóxido de carbono resulta da combustão incompleta dos combustíveis e é um poluente primário formado na fonte de emissão.

Para o monóxido de carbono (CO), quase todos os fatores de emissão dos combustíveis para os setores analisados foram tirados da abordagem detalhada (Tier 2) da versão revisada do IPCC (1997).

Foram utilizados os fatores de emissão da abordagem detalhada (Tier 2) do IPCC (1995), nos seguintes casos:

- Caldeiras Industriais utilizando os combustíveis fósseis: Gás Natural, Carvão Vapor, Gás Canalizado, Gás de Coqueria e Gás de Refinaria;
- Caldeiras a Carvão Vapor, nas termelétricas;
- Utilização, em Caldeiras, dos combustíveis da biomassa: Lenha, Bagaço e Resíduos Vegetais;
- Lenha consumida no modo de transporte ferroviário.

Nos casos abaixo, foram utilizados os fatores de emissão da versão simplificada (Tier 1) do IPCC (1997):

- Iluminação, para todos os combustíveis e setores;
- Coque de Petróleo e Outros Produtos Secundários de Petróleo, para os usos finais de: Força Motriz no Consumo do Setor Energético; e Caldeiras, no Consumo do Setor Energético e nos setores Comercial, Público e Industrial;
- Carvão Vegetal;
- Todos os combustíveis de biomassa utilizados nos Fornos e Secadores, no Setor Industrial;
- Forno a Bagaço no Consumo do Setor Energético;
- Setor de Transportes (exceto para o consumo de Gasolina e Álcool Etílico, no modo Rodoviário);
- Querosene Iluminante, utilizado em motores no Setor Agropecuário;
- Lenha para Carvoejamento.

Para a Gasolina e o Álcool Etílico consumidos no modo de transporte rodoviário foram adotados os fatores de emissão para a frota nacional de veículos leves, calculados no modelo de emissões veiculares a partir dos dados obtidos na CETESB (1994), para o período 1990/1994.

É preciso lembrar que, em sua maioria, os fatores de emissão são médias apresentadas no relatório do IPCC (1997) e dependem da tecnologia de consumo e das características do combustível consumido. Como as tecnologias e os combustíveis implícitos nos fatores de emissão sugeridos pelo IPCC não refletem necessariamente a situação brasileira, o resultado das emissões de CO reflete apenas um valor aproximado das emissões nacionais.

Apresentam-se, a seguir, os resultados encontrados para as emissões de CO, derivadas do consumo de combustíveis no sistema energético brasileiro por combustível (Tabela 29), por setor (Tabela 30) e por destinação (Tabela 31), para os anos de 1990 a 1994. Para cada uma dessas tabelas, apresentam-se também a distribuição percentual em 1994 e a correspondente taxa de crescimento no período.

**Tabela 29** – Emissões de CO, por combustível

	1990	1991	1992	1993	1994		1990/94
	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	%	%
<b>Combustíveis Fósseis</b>							
Gasolina	4.316	4.217	3.810	3.493	3.274	27	-24
Querosene de Aviação	8,0	8,4	7,9	8,4	8,6	0,07	6,6
Querosene Iluminante	0,27	0,26	0,22	0,19	0,17	0,00	-35
Óleo Diesel	715	745	761	776	801	6,5	12
Óleo Combustível	50	46	49	57	54	0,44	9,0
GLP	2,8	2,9	3,1	3,2	3,4	0,03	20
Coque de Petróleo	1,2	1,3	1,2	1,3	1,6	0,01	42
Carvão Vapor	4,1	5,2	4,0	3,4	3,7	0,03	-8,8
Carvão Metalúrgico				0,58	0,88	0,01	
Alcatrão	0,40	0,54	0,73	0,74	0,67	0,01	69
Coque de Carvão Mineral	46	55	55	59	60	0,49	31
Gás Natural	5,8	5,7	6,4	7,5	7,9	0,06	36
Gás de Refinaria	2,7	3,1	3,2	3,3	3,5	0,03	29
Outras Secundárias Petróleo	0,43	0,39	0,47	0,52	0,61	0,00	43
Gás Canalizado	0,26	0,25	0,21	0,19	0,10	0,00	-60
Gás de Coqueria	3,9	4,1	4,1	4,3	4,3	0,03	9,1
Outras Primárias Fósseis	0,19	0,22	0,22	0,22	0,18	0,00	-5,7
<b>Total Fóssil</b>	<b>5.156</b>	<b>5.095</b>	<b>4.707</b>	<b>4.419</b>	<b>4.224</b>	<b>34</b>	<b>-18</b>
<b>Biomassa</b>							
Lenha	5.384	5.209	5.055	4.681	4.612	38	-14
Carvão Vegetal	1.118	992	911	957	967	7,9	-13
Bagaço	842	903	953	931	1085	8,8	29
Resíduos Vegetais	65	66	78	75	68	0,55	4,8
Lixívia	4,6	5,1	6,1	7,1	7,5	0,06	63
Álcool Etílico	1.311	1.398	1.306	1.292	1.302	11	-0,72
<b>Total Biomassa</b>	<b>8.723</b>	<b>8.573</b>	<b>8.309</b>	<b>7.943</b>	<b>8.042</b>	<b>66</b>	<b>-7,8</b>
<b>TOTAL</b>	<b>13.880</b>	<b>13.668</b>	<b>13.016</b>	<b>12.362</b>	<b>12.266</b>	<b>100</b>	<b>-12</b>

**Tabela 30** – Emissões de CO<sub>2</sub>, por setor

Setor	1990	1991	1992	1993	1994		1990/94
	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	%	%
<b>Setor Energético Amplo</b>	<b>1.640</b>	<b>1.568</b>	<b>1.467</b>	<b>1.494</b>	<b>1.551</b>	<b>12,6</b>	<b>-5,4</b>
Cent. Elét. Serviço Público	7,4	7,6	10	8,5	9,1	0,07	23
Cent. Elét. Autoprodutoras	52	55	58	61	57	0,47	10
Carvoarias	1.084	951	873	919	930	7,6	-14
Consumo Setor Energético	496	555	526	506	554	4,5	12
<b>Residencial</b>	<b>3.567</b>	<b>3.545</b>	<b>3.537</b>	<b>3.103</b>	<b>3.013</b>	<b>25</b>	<b>-16</b>
<b>Comercial</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>20</b>	<b>19</b>	<b>19</b>	<b>0,16</b>	<b>5,9</b>
<b>Público</b>	<b>1,1</b>	<b>1,1</b>	<b>1,0</b>	<b>1,1</b>	<b>1,4</b>	<b>0,01</b>	<b>29</b>
<b>Agropecuário</b>	<b>521</b>	<b>507</b>	<b>462</b>	<b>450</b>	<b>443</b>	<b>3,6</b>	<b>-15</b>
<b>Transportes</b>	<b>6.368</b>	<b>6.383</b>	<b>5.898</b>	<b>5.593</b>	<b>5.406</b>	<b>44</b>	<b>-15</b>
Aéreo	39	37	32	36	41	0,34	6,3
Rodoviário	6.262	6.281	5.797	5.483	5.301	43	-15
Ferrovário	22	22	23	23	17	0,14	-21
Marítimo	45	44	46	52	47	0,38	3,4
<b>Industrial</b>	<b>1.764</b>	<b>1.645</b>	<b>1.632</b>	<b>1.702</b>	<b>1.832</b>	<b>15</b>	<b>3,8</b>
Cimento	68	53	43	46	52	0,42	-23
Ferro-Gusa e Aço	781	676	635	693	716	5,8	-8,4
Ferro-Ligas	61	82	70	85	74	0,60	21
Mineração e Pelotização	9,2	10	9,1	4,6	5,2	0,04	-44
Não-Ferrosos	48	39	40	25	27	0,22	-44
Química	26	25	22	23	24	0,20	-6,3
Alimentos e Bebidas	461	463	530	528	629	5,1	37
Têxtil	12	11	7,3	7,7	7,7	0,06	-33
Papel e Celulose	95	92	107	105	111	0,90	16
Cerâmica	146	138	125	136	138	1,1	-5,5
Outros	58	57	44	46	49	0,40	-16
<b>TOTAL</b>	<b>13.880</b>	<b>13.668</b>	<b>13.016</b>	<b>12.362</b>	<b>12.266</b>	<b>100</b>	<b>-12</b>

**Tabela 31** – Emissões de CO<sub>2</sub>, por destinação

Destinação	1990	1991	1992	1993	1994		1990/94
	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	%	%
Força Motriz	15	16	18	15	14	0,12	-4,8
Caldeira	1.074	1.131	1.169	1.153	1.307	11	22
Aquecedor	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,00	11
Forno	6.377	6.091	5.876	5.550	5.488	45	-14
Secador	46	47	55	51	50	0,41	8,7
Iluminação	0,11	0,11	0,09	0,08	0,07	0,00	-36
Transporte	6.368	6.383	5.898	5.593	5.406	44,1	-15
<b>TOTAL</b>	<b>13.880</b>	<b>13.668</b>	<b>13.016</b>	<b>12.362</b>	<b>12.266</b>	<b>100</b>	<b>-12</b>

No ano de 1994, o Brasil emitiu 12.266 Gg de monóxido de carbono (CO), por queima de combustíveis.

Observando a Tabela 29, pode-se notar que os combustíveis de biomassa são as principais fontes emissoras de CO, com 66% das emissões em 1994, apesar de apresentarem redução de 7,8% no período, enquanto as emissões dos combustíveis fósseis apresentaram uma taxa de crescimento de 21%. O principal combustível em termos de emissões de monóxido de carbono é a Lenha, com 38%, seguida da Gasolina, com (27%), e do Álcool Etilico, com 11%. A redução das emissões da biomassa no período de 1990 a 1994 se deve, portanto, à redução do consumo de Lenha, o principal combustível emissor, cujas emissões recuaram no mesmo período à taxa de 14%. A redução das emissões dos combustíveis fósseis deve-se principalmente à redução das emissões da gasolina (-24%) que, contrariamente à lenha, aumentou seu consumo no período. A redução das emissões no caso da gasolina deve-se exclusivamente a mudanças tecnológicas na frota de veículos leves que se traduziram em redução progressiva dos fatores de emissão médios. As taxas de crescimento das emissões dos diferentes combustíveis variam muito no período, indo de 69%, para o Alcatrão, a -60%, para o Gás Canalizado.

Em termos de emissões setoriais (Tabela 30), Transportes é o principal responsável pelas emissões de CO, sendo que apenas o subsector Rodoviário responde por 43% das emissões, seguido do Residencial, com 25%. O Setor Industrial é responsável por somente 15% das emissões.

Em termos de destinação (Tabela 31), o Forno é a principal fonte emissora (45%), seguido do Transporte (44%), apesar de o primeiro ter reduzido em 15% as suas emissões no período de 1990 a 1994.

Cruzando todas as informações, a Gasolina consumida no Transporte Rodoviário é a principal fonte de emissões de CO (26%), seguida da Lenha queimada nos Fornos do Setor Residencial (23%) e do Álcool Etilico do Transporte Rodoviário (11%). A tendência é que as emissões de CO sofram uma redução nos anos subseqüentes, tanto pelo processo de substituição da Lenha no residencial por outros energéticos, como o GLP e a Eletricidade, como pela redução das emissões do Setor de Transportes, em que o aumento da frota é largamente compensado pelo aumento da eficiência dos motores, o que reduz drasticamente as emissões de CO.

## 4.2 Metano (CH<sub>4</sub>)

As emissões de metano dependem tanto do equipamento de consumo quanto do combustível utilizado. Para esse gás, quase todos os fatores de emissão para os setores analisados foram tirados da abordagem detalhada da versão revisada (Tier 2) do IPCC (1997), devendo-se, todavia, observar que:

Foram utilizados os fatores de emissão da versão detalhada (Tier 2) do IPCC (1995), nos seguintes casos:

- Caldeiras Industriais utilizando os combustíveis fósseis: Gás Natural, Carvão Vapor e Gás Canalizado;

- Caldeiras a Carvão Vapor, nas termelétricas;
- Utilização de Lenha em Caldeiras;
- Lenha consumida no modo de transporte ferroviário.

Nos casos abaixo, foram utilizados os fatores de emissão da versão simplificada (Tier 1) do IPCC (1997):

- Iluminação, para todos os combustíveis e setores;
- Coque de Petróleo e Outros Produtos Secundários de Petróleo, para os usos finais de: Força Motriz no Consumo do Setor Energético; e Caldeiras, no Consumo do Setor Energético e nos setores Comercial, Público e Industrial;
- Fornos a Gás Natural, do Setor Residencial, e a Gás Canalizado, dos setores Residencial e Comercial;
- Força Motriz, utilizando Óleo Diesel nos setores Comercial e Agropecuário, e Querosene Iluminante, nos setores Agropecuário e Industrial;
- Caldeiras a GLP, nos setores Industrial e Comercial;
- Carvão Vegetal, Bagaço e Resíduos Vegetais;
- Todos os combustíveis de biomassa utilizados nos Fornos e Secadores, no Setor Industrial;
- Forno a Lenha, no Setor Comercial;
- Setor de Transportes (exceto para o consumo de Gasolina e Álcool Etílico no modo Rodoviário);
- Lenha para Carvoejamento.

Para a Gasolina e o Álcool Etílico consumidos no modo de transporte rodoviário foram adotados os fatores de emissão para a frota nacional de veículos leves, calculados no modelo de emissões veiculares a partir dos dados obtidos na CETESB (1994), para o período 1990/1994.

Apresentam-se, a seguir, os resultados encontrados para as emissões de metano ( $\text{CH}_4$ ) derivadas do consumo de combustíveis no sistema energético brasileiro por combustível (Tabela 32), por setor (Tabela 33) e por destinação (Tabela 34), para os anos de 1990 a 1994. Para cada uma dessas tabelas, apresentam-se também a distribuição percentual em 1994 e a taxa de crescimento no período.

**Tabela 32** – Emissões de CH<sub>4</sub>, por combustível

	1990	1991	1992	1993	1994		1990/94
	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	%	%
<b>Combustíveis Fósseis</b>							
Gasolina	5,0	4,9	4,5	4,1	3,8	1,3	-24
Querosene de Aviação	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,01	6,6
Querosene Iluminante	0,06	0,05	0,05	0,04	0,03	0,01	-38
Óleo Diesel	5,0	5,2	5,4	5,6	5,8	2,0	15
Óleo Combustível	0,87	0,85	0,91	0,95	0,93	0,32	7,8
GLP	0,26	0,26	0,28	0,28	0,29	0,10	12
Coque de Petróleo	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,01	52
Carvão Vapor	0,08	0,10	0,09	0,07	0,08	0,03	-3,0
Carvão Metalúrgico	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	
Alcatrão	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	54
Coque de Carvão Mineral	0,22	0,26	0,26	0,28	0,28	0,10	31
Gás Natural	0,11	0,12	0,14	0,20	0,23	0,08	105
Gás de Refinaria	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,01	26
Outras Secundárias Petróleo	0,05	0,05	0,05	0,06	0,07	0,02	31
Gás Canalizado	0,04	0,04	0,04	0,03	0,02	0,01	-40
Gás de Coqueria	0,07	0,08	0,09	0,09	0,07	0,02	2,5
Outras Primárias Fósseis	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	-7,1
<b>Total Fóssil</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>4,0</b>	<b>-1,1</b>
<b>Biomassa</b>							
Lenha	251	230	217	215	215	73	-14
Carvão Vegetal	51	45	42	44	45	15	-13
Bagaço	15	16	17	16	19	6,5	29
Resíduos Vegetais	0,73	0,76	0,89	0,88	0,76	0,26	4,3
Lixívia	0,10	0,11	0,13	0,15	0,16	0,06	64
Álcool Etílico	1,7	1,8	1,8	1,7	1,8	0,61	4,3
<b>Total Biomassa</b>	<b>320</b>	<b>294</b>	<b>278</b>	<b>278</b>	<b>281</b>	<b>96</b>	<b>-12</b>
<b>TOTAL</b>	<b>332</b>	<b>306</b>	<b>290</b>	<b>290</b>	<b>293</b>	<b>100</b>	<b>-12</b>

**Tabela 33** – Emissões de CH<sub>4</sub>, por setor

Setor	1990	1991	1992	1993	1994		1990/94
	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	%	%
<b>Setor Energético Amplo</b>	<b>172</b>	<b>153</b>	<b>141</b>	<b>148</b>	<b>150</b>	<b>51</b>	<b>-13</b>
Cent. Elét. Serviço Público	0,11	0,12	0,15	0,13	0,14	0,05	24
Cent. Elét. Autoprodutoras	0,92	1,0	1,1	1,1	1,0	0,35	12
Carvoarias	163	143	131	138	140	48	-14
Consumo Setor Energético	8,7	10	9,2	8,9	10	3,3	12
<b>Residencial</b>	<b>77</b>	<b>76</b>	<b>76</b>	<b>67</b>	<b>65</b>	<b>22</b>	<b>-16</b>
<b>Comercial</b>	<b>1,7</b>	<b>1,6</b>	<b>1,6</b>	<b>1,5</b>	<b>1,5</b>	<b>0,50</b>	<b>-12</b>
<b>Público</b>	<b>0,07</b>	<b>0,07</b>	<b>0,06</b>	<b>0,06</b>	<b>0,10</b>	<b>0,03</b>	<b>48</b>
<b>Agropecuário</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>3,9</b>	<b>-11</b>
<b>Transportes</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>3,4</b>	<b>-5,8</b>
Aéreo	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,01	6,6
Rodoviário	10	10	9,7	9,5	9,5	3,2	-5,9
Ferrovário	0,11	0,11	0,11	0,11	0,09	0,03	-22
Marítimo	0,23	0,22	0,23	0,26	0,23	0,08	3,4
<b>Industrial</b>	<b>58</b>	<b>52</b>	<b>50</b>	<b>53</b>	<b>55</b>	<b>19</b>	<b>-4,5</b>
Cimento	3,0	2,2	1,8	2,0	2,3	0,77	-25
Ferro-Gusa e Aço	37	31	29	32	33	11	-11
Ferro-Ligas	3,0	4,1	3,5	4,2	3,7	1,3	21
Mineração e Pelotização	0,31	0,33	0,29	0,06	0,06	0,02	-80
Não-Ferrosos	2,2	1,8	1,8	1,0	1,1	0,38	-49
Química	0,75	0,72	0,68	0,69	0,72	0,24	-4,3
Alimentos e Bebidas	7,3	7,3	8,6	8,5	10,3	3,5	41
Têxtil	0,20	0,19	0,14	0,15	0,13	0,05	-33
Papel e Celulose	1,1	1,1	1,3	1,3	1,3	0,44	17
Cerâmica	2,2	2,1	1,9	2,0	2,1	0,7	-6,7
Outros	0,89	0,88	0,66	0,71	0,75	0,25	-16
<b>TOTAL</b>	<b>332</b>	<b>306</b>	<b>290</b>	<b>290</b>	<b>293</b>	<b>100</b>	<b>-12</b>

**Tabela 34** – Emissões de CH<sub>4</sub>, por destinação

Destinação	1990	1991	1992	1993	1994		1990/94
	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	%	%
Força Motriz	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	0,64	22
Caldeira	19	20	20	20	23	7,8	23
Aquecedor	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11
Forno	301	274	257	258	258	88	-14
Secador	0,55	0,57	0,58	0,46	0,45	0,15	-19
Iluminação	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	0,01	-38
Transporte	10	11	10	10	10	3,4	-5,8
<b>TOTAL</b>	<b>332</b>	<b>306</b>	<b>290</b>	<b>290</b>	<b>293</b>	<b>100</b>	<b>-12</b>

No ano de 1994, o Brasil emitiu 293 Gg de metano, por queima de combustíveis. As emissões no período de 1990 a 1994 reduziram-se em 12%.

Observando a Tabela 32, nota-se que os combustíveis de biomassa são as principais fontes emissoras de CH<sub>4</sub>, com 96% das emissões em 1994. Elas apresentaram, no entanto, um decréscimo de 12% no período. As emissões dos combustíveis fósseis, que foram responsáveis por apenas 4% das emissões, apresentaram redução de 1,1%. O principal combustível em termos de emissões de metano foi a Lenha (73%), seguida do Carvão Vegetal (15%) e do Bagaço (6,5%). Dentre eles, apenas o Bagaço apresentou crescimento das emissões de metano. Dentre os combustíveis fósseis, o maior responsável pelas emissões foi o Diesel (2%).

Em termos de emissões setoriais (Tabela 33), o Setor Energético Amplo foi o principal responsável pelas emissões de metano devido à participação das Carvoarias (48%) seguido do Setor Residencial (22%) e do Setor Industrial (19%). Os setores que apresentaram as maiores taxas de crescimento das emissões no período foram o Setor Público, com 48%, e a Indústria de Alimentos e Bebidas, com 41%.

Em termos de destinação (Tabela 34), as principais emissões provêm de Forno (88%).

Cruzando as três variáveis - equipamento; combustível e setor - identifica-se a Lenha para Carvoejamento como a principal fonte de emissão, com 48% das emissões de metano por queima de combustíveis em 1994. Em seguida apresentam-se a Lenha dos Fornos do Setor Residencial (21%) e o Carvão Vegetal queimado nos altos-fornos da indústria de Ferro-Gusa e Aço com 11%.

A diminuição das emissões de metano no período é fortemente influenciada pela redução das emissões da Lenha, que é de 14% no período. Com o continuado decréscimo do consumo de Lenha, é de se esperar uma redução ainda maior das emissões de CH<sub>4</sub> derivadas da biomassa. Como este decréscimo vincula-se, em geral, a uma substituição entre energéticos, a redução das emissões da biomassa é normalmente acompanhada por um aumento nas emissões dos combustíveis fósseis - aumento, este, que não é, porém, igual à redução, pois os equipamentos que consomem Lenha mostram-se, na média, menos eficientes do que aqueles à base de combustível fóssil.

### 4.3 Óxidos de Nitrogênio (NO<sub>x</sub>)

Os óxidos de nitrogênio são formados tanto a partir do nitrogênio atmosférico durante o processo de combustão quanto do nitrogênio presente no combustível. A quantidade emitida depende, assim, primordialmente, da temperatura da combustão, do excesso de ar na câmara de combustão, do projeto do queimador, da fornalha e da composição do combustível. Para esses gases, foram tirados quase todos os fatores de emissão para os setores analisados da abordagem detalhada (Tier 2) da versão revisada do IPCC (1997), devendo-se, todavia, observar que:

Foram utilizados os fatores de emissão da versão detalhada (Tier 2) do IPCC (1995), nos seguintes casos:

- Caldeiras Industriais utilizando os combustíveis fósseis: Gás Natural, Carvão Vapor, Gás Canalizado, Gás de Coqueria e Gás de Refinaria;
- Caldeiras a Carvão Vapor, nas termelétricas;
- Utilização de Lenha em Caldeira;
- Lenha consumida no modo de transporte ferroviário.

Nos casos abaixo foram utilizados os fatores de emissão da versão simplificada (Tier 1) do IPCC (1997):

- Iluminação para todos os combustíveis e setores;
- Coque de Petróleo e Outros Produtos Secundários de Petróleo, para os usos finais de Força Motriz no Consumo do Setor Energético; e Caldeiras no Consumo do Setor Energético e nos setores Comercial, Público e Industrial;
- Força Motriz utilizando Querosene Iluminante, no Setor Agropecuário;
- Carvão Vegetal;
- Fornos e Secadores Industriais utilizando Lenha, Bagaço e Resíduos Vegetais;
- Forno a Bagaço, no Consumo do Setor Energético;
- Setor de Transportes (exceto para o consumo de Gasolina e Álcool Etílico, no modo Rodoviário);
- Lenha para Carvoejamento.

Para a Gasolina e o Álcool Etílico consumidos no modo de transporte rodoviário foram adotados os fatores de emissão para a frota nacional de veículos leves, calculados no modelo de emissões veiculares a partir dos dados obtidos na CETESB (1994), para o período 1990/1994.

Apresentam-se a seguir os resultados encontrados para as emissões de NO<sub>x</sub> derivadas do consumo de combustíveis no sistema energético brasileiro por combustível (Tabela 35), por setor (Tabela 36) e por destinação (Tabela 37), para os anos de 1990 a 1994. Para cada uma dessas tabelas, apresentam-se também a distribuição percentual em 1994 e a correspondente taxa de crescimento no período.

**Tabela 35** – Emissões de NO<sub>x</sub>, por combustível

	1990	1991	1992	1993	1994		1990/94
	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	%	%
<b>Combustíveis Fósseis</b>							
Gasolina	118	130	128	128	131	8,1	10
Querosene de Aviação	24	25	24	25	26	1,6	6,6
Querosene Iluminante	1,5	1,4	1,3	1,1	1,0	0,06	-32
Óleo Diesel	634	659	680	682	698	44	10
Óleo Combustível	171	157	169	188	188	12	9,9
GLP	16	17	19	20	22	1,4	37
Coque de Petróleo	7,9	8,7	8,2	8,8	11	0,67	35
Carvão Vapor	54	67	59	53	56	3,5	3,3
Carvão Metalúrgico	0,00	0,00	0,00	3,9	5,9	0,37	
Alcatrão	2,8	3,7	5,0	5,1	4,6	0,28	65
Coque de Carvão Mineral	7,6	9,1	9,2	10	10	0,62	31
Gás Natural	74	73	80	90	92	5,8	25
Gás de Refinaria	27	31	32	33	35	2,2	30
Outras Secundárias Petróleo	6,1	5,6	6,7	7,3	8,7	0,54	42
Gás Canalizado	1,9	1,8	1,4	1,1	0,41	0,03	-78
Gás de Coqueria	51	53	53	55	56	3,5	9,8
Outras Primárias Fósseis	2,0	2,3	2,4	2,5	1,9	0,12	-6,4
<b>Total Fóssil</b>	<b>1.199</b>	<b>1.246</b>	<b>1.277</b>	<b>1.313</b>	<b>1.347</b>	<b>84</b>	<b>12</b>
<b>Biomassa</b>							
Lenha	77	75	72	68	67	4,2	-12
Carvão Vegetal	26	23	21	22	22	1,4	-13
Bagaço	34	36	38	37	43	2,7	29
Resíduos Vegetais	2,0	2,0	2,4	2,3	2,1	0,13	4,6
Lixívia	11	12	15	17	18	1,1	66
Álcool Etílico	100	105	99	99	101	6,3	1,8
<b>Total Biomassa</b>	<b>248</b>	<b>253</b>	<b>247</b>	<b>245</b>	<b>255</b>	<b>16</b>	<b>2,5</b>
<b>TOTAL</b>	<b>1.448</b>	<b>1.500</b>	<b>1.524</b>	<b>1.559</b>	<b>1.601</b>	<b>100</b>	<b>11</b>

**Tabela 36** – Emissões de NO<sub>x</sub>, por setor

Setor	1990	1991	1992	1993	1994		1990/94
	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	%	%
<b>Setor Energético Amplo</b>	<b>215</b>	<b>219</b>	<b>236</b>	<b>231</b>	<b>235</b>	<b>15</b>	<b>9,2</b>
Cent. Elét. Serviço Público	61	68	76	67	72	4,5	18
Cent. Elét. Autoprodutoras	18	19	22	22	22	1,4	23
Carvoarias	2,7	2,4	2,2	2,3	2,3	0,15	-14
Consumo Setor Energético	133	130	136	139	139	8,7	4,1
<b>Residencial</b>	<b>54</b>	<b>54</b>	<b>54</b>	<b>49</b>	<b>48</b>	<b>3,0</b>	<b>-11</b>
<b>Comercial</b>	<b>4,0</b>	<b>3,8</b>	<b>3,8</b>	<b>3,7</b>	<b>3,9</b>	<b>0,24</b>	<b>-3,5</b>
<b>Público</b>	<b>1,0</b>	<b>0,94</b>	<b>0,91</b>	<b>1,7</b>	<b>4,0</b>	<b>0,25</b>	<b>316</b>
<b>Agropecuário</b>	<b>8,5</b>	<b>8,3</b>	<b>7,8</b>	<b>7,7</b>	<b>7,9</b>	<b>0,49</b>	<b>-7,0</b>
<b>Transportes</b>	<b>869</b>	<b>908</b>	<b>912</b>	<b>938</b>	<b>956</b>	<b>60</b>	<b>10</b>
Aéreo	25	26	24	26	26	1,6	6,6
Rodoviário	750	790	792	807	838	52	12
Ferrovário	26	26	27	28	21	1,3	-21
Marítimo	68	66	68	78	70	4,4	3,4
<b>Industrial</b>	<b>297</b>	<b>306</b>	<b>310</b>	<b>328</b>	<b>347</b>	<b>22</b>	<b>17</b>
Cimento	38	41	34	33	33	2,1	-14
Ferro-Gusa e Aço	92	93	94	102	110	6,9	21
Ferro-Ligas	2,6	2,8	2,8	3,7	3,4	0,21	31
Mineração e Pelotização	10	10	11	11	12	0,76	21
Não-Ferrosos	16	17	17	19	19	1,2	19
Química	36	37	39	39	41	2,6	16
Alimentos e Bebidas	33	33	36	36	40	2,5	22
Têxtil	4,2	4,0	3,7	3,9	3,3	0,21	-21
Papel e Celulose	20	21	24	26	27	1,7	36
Cerâmica	19	19	23	25	27	1,7	40
Outros	27	27	26	29	31	1,9	15
<b>TOTAL</b>	<b>1.448</b>	<b>1.500</b>	<b>1.524</b>	<b>1.559</b>	<b>1.601</b>	<b>100</b>	<b>11</b>

**Tabela 37** – Emissões de NO<sub>x</sub>, por destinação

Destinação	1990	1991	1992	1993	1994		1990/94
	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	%	%
Força Motriz	56	58	68	56	54	3,3	-4,8
Caldeira	161	171	179	177	191	12	18
Aquecedor	0,15	0,16	0,16	0,17	0,17	0,01	11
Forno	350	351	352	374	386	24	10
Secador	10	11	12	14	14	0,90	41
Iluminação	0,57	0,56	0,46	0,42	0,37	0,02	-35
Transporte	869	908	912	938	956	60	10
<b>TOTAL</b>	<b>1.448</b>	<b>1.500</b>	<b>1.524</b>	<b>1.559</b>	<b>1.601</b>	<b>100</b>	<b>11</b>

No ano de 1994, o Brasil emitiu 1.601Gg de NO<sub>x</sub>, por queima de combustíveis e a taxa de crescimento das emissões no período de 1990 a 1994 foi de 11%.

Observando a Tabela 35, nota-se que, contrariamente aos gases não-CO<sub>2</sub> analisados até então (CO e CH<sub>4</sub>), são os combustíveis fósseis as principais fontes emissoras de NO<sub>x</sub>, com 84% das emissões em 1994 e com taxas de crescimento razoavelmente altas no período (12%). O principal combustível em termos de emissões de NO<sub>x</sub> é o Óleo Diesel (44%), seguido do Óleo Combustível (12%), da Gasolina (8,1%), do Álcool Etílico (6,3%) e do Gás Natural (5,8%). Todos eles apresentaram crescimento significativo no período: Óleo Diesel (10%), Óleo Combustível (9,9%), Gasolina (10%), Álcool Etílico (1,8%) e Gás Natural (25%).

Em termos de emissões setoriais Tabela 36), Transportes foi, em 1994, o principal responsável pelas emissões de NO<sub>x</sub> (60%), com 52% referente ao modo Rodoviário, seguido do Setor Industrial (22%) e do Setor Energético Amplo (15%). Dos setores que mais emitiram, todos apresentam taxas de crescimento altas no período: Transportes (10%), Transporte Rodoviário (12%), Industrial (17%) e Ferro-Gusa e Aço (21%).

Em termos de destinação (Tabela 37), as principais emissões provêm de Transporte (60%), seguidas das geradas por Forno (24%) e Caldeira (12%).

Cruzando as três variáveis - equipamento; combustível e setor - identifica-se que, para o caso das emissões de NO<sub>x</sub>, as emissões estão muito concentradas no uso de motores no transporte rodoviário: Óleo Diesel (38%), Gasolina (8,1%) e Álcool Etílico (6,3%).

#### 4.4 Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O)

O óxido nitroso é um dos gases de efeito estufa de maior permanência na atmosfera. A bibliografia a respeito da produção desse gás no processo de combustão de combustíveis fósseis não é tão extensa quanto a dos outros gases anteriormente inventariados. Assim, para esse gás, não foram encontrados muitos fatores de emissão das tecnologias e equipamentos empregados pelos setores de interesse, demonstrando a necessidade de se aprimorar o inventário com a obtenção desses fatores de emissão. Foram utilizados quase exclusivamente os fatores de emissão da versão simplificada (Tier 1) do IPCC (1997), exceto para os casos a seguir.

Foram utilizados os fatores de emissão da versão detalhada (Tier 2) do IPCC (1995), nos seguintes casos:

- Caldeiras a Carvão Vapor, nas termelétricas;
- Caldeira a Lenha, nos setores Comercial e Agropecuário.

Foram utilizados os fatores de emissão da versão detalhada (Tier 2) do IPCC (1997), nos seguintes casos:

- Todas as Caldeiras a Óleo Diesel, Óleo Combustível e Querosene Iluminante;
- Caldeiras a Carvão Vapor e Lixívia, do Setor Industrial;
- Caldeira a Gás Canalizado do Setor Comercial;
- Caldeiras das termelétricas utilizando Outros Produtos Secundários de Petróleo, Alcatrão e Lixívia.
- Modo de transporte Rodoviário<sup>21</sup>;

Apresentam-se, a seguir, os resultados encontrados para as emissões de N<sub>2</sub>O derivadas do consumo de combustíveis no sistema energético brasileiro por combustível (Tabela 38), por setor (Tabela 39) e por destinação (Tabela 40) para os anos de 1990 a 1994. Para cada uma dessas tabelas, apresentam-se também a distribuição percentual em 1994 e a correspondente taxa de crescimento no período.

**Tabela 38** – Emissões de N<sub>2</sub>O, por combustível

	1990	1991	1992	1993	1994		1990/94
	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	%	%
<b>Combustíveis Fósseis</b>							
Gasolina	0,44	0,52	0,53	0,60	0,74	8,5	70
Querosene de Aviação	0,16	0,17	0,16	0,17	0,17	2,0	6,6
Querosene Iluminante	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	-36
Óleo Diesel	0,54	0,56	0,57	0,59	0,61	7,0	14
Óleo Combustível	0,19	0,17	0,19	0,20	0,21	2,4	11
GLP	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,29	11
Coque de Petróleo	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,33	38
Carvão Vapor	0,09	0,12	0,10	0,08	0,09	1,0	-3,3
Carvão Metalúrgico	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,18	
Alcatrão	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,06	62
Coque de Carvão Mineral	0,30	0,36	0,37	0,39	0,40	4,6	31
Gás Natural	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,14	35
Gás de Refinaria	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,09	28
Outras Secundárias Petróleo	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,25	33
Gás Canalizado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	-46
Gás de Coqueria	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,07	8,7
Outras Primárias Fósseis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	-6,7
<b>Total Fóssil</b>	<b>1,8</b>	<b>2,0</b>	<b>2,0</b>	<b>2,2</b>	<b>2,4</b>	<b>27</b>	<b>30</b>
<b>Biomassa</b>							
Lenha	2,7	2,6	2,5	2,4	2,4	27	-12
Carvão Vegetal	0,94	0,82	0,75	0,81	0,82	9,4	-13
Bagaço	2,0	2,1	2,2	2,2	2,5	29	29
Resíduos Vegetais	0,10	0,10	0,12	0,12	0,10	1,2	4,3
Lixívia	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,45	65
Álcool Etílico	0,37	0,41	0,39	0,43	0,48	5,6	32
<b>Total Biomassa</b>	<b>6,1</b>	<b>6,1</b>	<b>6,0</b>	<b>5,9</b>	<b>6,3</b>	<b>73</b>	<b>4,4</b>
<b>TOTAL</b>	<b>7,9</b>	<b>8,1</b>	<b>8,1</b>	<b>8,1</b>	<b>8,7</b>	<b>100</b>	<b>10</b>

<sup>21</sup> Para o Álcool Etílico foi utilizado o fator de emissão da gasolina.

**Tabela 39** – Emissões de N<sub>2</sub>O, por setor

Setor	1990	1991	1992	1993	1994		1990/94
	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	%	%
<b>Setor Energético Amplo</b>	<b>1,4</b>	<b>1,5</b>	<b>1,5</b>	<b>1,4</b>	<b>1,5</b>	<b>18</b>	<b>12</b>
Cent. Elét. Serviço Público	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,63	17
Cent. Elét. Autoprodutoras	0,13	0,14	0,15	0,16	0,15	1,7	13
Carvoarias	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Consumo Setor Energético	1,2	1,3	1,2	1,2	1,3	15	12
<b>Residencial</b>	<b>1,4</b>	<b>1,4</b>	<b>1,4</b>	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>14</b>	<b>-15</b>
<b>Comercial</b>	<b>0,03</b>	<b>0,03</b>	<b>0,03</b>	<b>0,03</b>	<b>0,02</b>	<b>0,28</b>	<b>-13</b>
<b>Público</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,01</b>	<b>0,12</b>	<b>209</b>
<b>Agropecuário</b>	<b>0,46</b>	<b>0,46</b>	<b>0,42</b>	<b>0,43</b>	<b>0,43</b>	<b>4,9</b>	<b>-7,9</b>
<b>Transportes</b>	<b>1,4</b>	<b>1,6</b>	<b>1,5</b>	<b>1,7</b>	<b>1,9</b>	<b>22</b>	<b>35</b>
Aéreo	0,16	0,17	0,16	0,17	0,18	2,0	6,6
Rodoviário	1,2	1,3	1,3	1,5	1,7	19	40
Ferrovário	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,12	-23
Marítimo	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,32	3,4
<b>Industrial</b>	<b>3,2</b>	<b>3,2</b>	<b>3,2</b>	<b>3,3</b>	<b>3,6</b>	<b>42</b>	<b>12</b>
Cimento	0,12	0,12	0,09	0,09	0,10	1,1	-22
Ferro-Gusa e Aço	1,0	0,99	0,95	1,0	1,1	12	2,7
Ferro-Ligas	0,06	0,08	0,07	0,09	0,08	0,88	23
Minação e Pelotização	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,32	9,1
Não-Ferrosos	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,81	-13
Química	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	1,1	-0,08
Alimentos e Bebidas	1,1	1,1	1,3	1,3	1,5	17	35
Têxtil	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,27	-31
Papel e Celulose	0,23	0,22	0,25	0,25	0,27	3,1	17
Cerâmica	0,29	0,27	0,25	0,27	0,28	3,2	-3,2
Outros	0,14	0,14	0,12	0,12	0,13	1,5	-11
<b>TOTAL</b>	<b>7,9</b>	<b>8,1</b>	<b>8,1</b>	<b>8,1</b>	<b>8,7</b>	<b>100</b>	<b>10</b>

**Tabela 40** – Emissões de N<sub>2</sub>O, por destinação

Destinação	1990	1991	1992	1993	1994		1990/94
	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	%	%
Força Motriz	0,11	0,12	0,12	0,13	0,13	1,5	20
Caldeira	2,9	3,0	3,1	3,1	3,4	39	19
Aquecedor	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11
Forno	3,4	3,3	3,2	3,2	3,2	36	-7,6
Secador	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,94	16
Iluminação	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	-38
Transporte	1,4	1,5	1,5	1,7	1,9	22	35
<b>TOTAL</b>	<b>7,9</b>	<b>8,1</b>	<b>8,1</b>	<b>8,1</b>	<b>8,7</b>	<b>100</b>	<b>10</b>

No ano de 1994, o Brasil emitiu 8,7 Gg de  $N_2O$ , por queima de combustíveis. A taxa de crescimento das emissões foi de 10% entre 1990 e 1994.

Observando a Tabela 38, nota-se que os combustíveis de biomassa são as principais fontes emissoras de  $N_2O$ , com 73% das emissões em 1994. Estas apresentaram, no entanto, taxa de crescimento relativamente baixa (4,4%) no período, se comparadas com o aumento das emissões das fontes fósseis (30%). O principal combustível, em termos de emissões de  $N_2O$  em 1994, é o Bagaço (29%), seguido da Lenha (27%), do Carvão Vegetal (9,4%), da Gasolina (8,5%), do Óleo Diesel (7,0%) e do Coque de Carvão Mineral (4,6%). Dentre eles, são encontradas tendências opostas. Altas taxas de crescimento no período para uns: Gasolina (70%), Bagaço (29%), Óleo Diesel (14%) e Coque de Carvão Mineral (31%); e altas taxas negativas para outros: Lenha (-12%) e Carvão Vegetal (-13%).

Em termos de emissões setoriais (Tabela 39), o Setor Industrial é o principal responsável pelas emissões de  $N_2O$  (42%), sendo os subsetores de Alimentos e Bebidas (17%) e de Ferro-Gusa e Aço (12%) os mais importantes, seguidos do Setor de Transportes (22%), do Setor Energético Amplo (18%) e do Setor Residencial (14%). Dos setores que mais emitiram, todos apresentam taxas de crescimento altas no período, exceto o subsetor de Ferro-Gusa e Aço com um pequeno crescimento de (2,7%) e o Setor Residencial, com taxa negativa de -15%.

Em termos de destinação (Tabela 40), as principais emissões provêm do uso de Caldeiras (39%), seguidas das geradas pelo uso de Fornos, com 36% das emissões.

As emissões de  $N_2O$  não estão muito concentradas em apenas um uso, combustível ou setor. Cruzando as três variáveis - equipamento; combustível e setor - identifica-se que as emissões de  $N_2O$  das Caldeiras usando Bagaço no Consumo do Setor Energético (15%) e no setor de Alimentos e Bebidas (14%) e da queima de Lenha em Fornos do Setor Residencial (13%) são os principais emissores. Outras emissões importantes provêm do consumo do modo Rodoviário - Gasolina (8,5%), Álcool Etílico (5,6%) e Diesel (5,2%) - e do consumo de Carvão Vegetal na Indústria de Ferro-Gusa e Aço (7,5%).

#### **4.5 Compostos Orgânicos Voláteis Não Metânicos (NMVOC)**

Os gases NMVOC incluem os aldeídos, as olefinas e outros compostos orgânicos policíclicos ou poliaromáticos. Estudos sobre o efeito desses gases na temperatura global do planeta são recentes, não havendo nas referências quase nenhum fator de emissão desses gases para as tecnologias e equipamentos dos setores inventariados. Logo, em quase todos os casos, os fatores de emissão foram tirados da versão simplificada (Tier 1) do IPCC, com as exceções do fator de emissão para Coque de Carvão Mineral utilizado nos Fornos Industriais, obtidos na versão detalhada (Tier 2) do IPCC (1997), e dos fatores de emissão para a Gasolina e o Álcool Etílico consumidos no modo de transporte Rodoviário que foram calculados no modelo de emissões veiculares a partir dos dados obtidos na CETESB (1994), para o período 1990/1994.

Não obstante, os gases NMVOC, que resultam da queima incompleta dos combustíveis, têm sua emissão condicionada pelo controle e pela manutenção dos equipamentos de consumo. Em geral, quanto mais velho for o equipamento, maior será a emissão, assim como, quanto mais eficiente a combustão e maior a escala do equipamento, menor a emissão. A emissão também diminui para os equipamentos que operam em regimes mais estáveis. Assim, para as fontes móveis (Setor de Transportes), que operam descontinuamente, a emissão de NMVOC depende dos sistemas de controle de emissão dos veículos e baseia-se, em geral, em fatores de emissão maiores do que os das fontes fixas, o que resulta em uma maior emissão do Setor de Transportes.

Apresentam-se, a seguir, os resultados encontrados para as emissões de NMVOC derivadas do consumo de combustíveis no sistema energético brasileiro por combustível (Tabela 41), por setor (Tabela 42) e por destinação (Tabela 43), para os anos de 1990 a 1994. Para cada uma dessas tabelas, apresentam-se também a distribuição percentual em 1994 e a correspondente taxa de crescimento no período.

**Tabela 41** – Emissões de NMVOC, por combustível

	1990	1991	1992	1993	1994		1990/94
	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	%	%
<b>Combustíveis Fósseis</b>							
Gasolina	807	779	697	631	579	36	-28
Querosene de Aviação	4,0	4,2	4,0	4,2	4,3	0,27	6,6
Querosene Iluminante	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,00	-36
Óleo Diesel	141	147	150	153	159	10	12
Óleo Combustível	8,4	7,8	8,3	9,7	9,0	0,57	7,8
GLP	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	0,08	11
Coque de Petróleo	0,08	0,08	0,08	0,08	0,11	0,01	39
Carvão Vapor	1,0	1,3	1,0	0,88	0,95	0,06	-8,2
Carvão Metalúrgico	0,00	0,00	0,00	0,15	0,22	0,01	
Alcatrão	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05	0,00	53
Coque de Carvão Mineral	3,5	4,1	4,2	4,4	4,5	0,28	31
Gás Natural	0,45	0,45	0,50	0,57	0,58	0,04	29
Gás de Refinaria	0,31	0,35	0,36	0,37	0,40	0,03	28
Outras Secundárias Petróleo	0,14	0,13	0,16	0,17	0,20	0,01	45
Gás Canalizado	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03	0,00	-47
Gás de Coqueria	0,27	0,28	0,29	0,30	0,29	0,02	8,7
Outras Primárias Fósseis	0,04	0,05	0,05	0,06	0,04	0,00	-7,1
<b>Total Fóssil</b>	<b>967</b>	<b>946</b>	<b>867</b>	<b>807</b>	<b>760</b>	<b>48</b>	<b>-21</b>
<b>Biomassa</b>							
Lenha	598	555	526	513	511	32	-14
Carvão Vegetal	26	23	21	22	22	1,4	-13
Bagaço	25	26	28	27	32	2,0	29
Resíduos Vegetais	1,2	1,3	1,5	1,5	1,3	0,08	4,3
Lixívia	0,28	0,31	0,37	0,42	0,46	0,03	66
Álcool Etílico	275	290	270	267	269	17	-2
<b>Total Biomassa</b>	<b>924</b>	<b>896</b>	<b>847</b>	<b>832</b>	<b>836</b>	<b>52</b>	<b>-10</b>
<b>TOTAL</b>	<b>1.892</b>	<b>1.841</b>	<b>1.714</b>	<b>1.639</b>	<b>1.596</b>	<b>100</b>	<b>-16</b>

**Tabela 42** – Emissões de NMVOC, por setor

Setor	1990	1991	1992	1993	1994		1990/94
	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	%	%
<b>Setor Energético Amplo</b>	<b>342</b>	<b>304</b>	<b>280</b>	<b>294</b>	<b>298</b>	<b>19</b>	<b>-13</b>
Cent. Elét. Serviço Público	0,35	0,40	0,45	0,39	0,43	0,03	22
Cent. Elét. Autoprodutoras	1,7	1,8	2,0	2,1	2,0	0,12	13
Carvoarias	325	285	262	276	279	17	-14
Consumo Setor Energético	15	17	16	15	17	1,1	12
<b>Residencial</b>	<b>206</b>	<b>205</b>	<b>206</b>	<b>180</b>	<b>175</b>	<b>11</b>	<b>-15</b>
<b>Comercial</b>	<b>3,3</b>	<b>3,1</b>	<b>3,0</b>	<b>2,9</b>	<b>2,7</b>	<b>0,17</b>	<b>-19</b>
<b>Público</b>	<b>0,10</b>	<b>0,10</b>	<b>0,07</b>	<b>0,10</b>	<b>0,17</b>	<b>0,01</b>	<b>71</b>
<b>Agropecuário</b>	<b>56</b>	<b>54</b>	<b>50</b>	<b>49</b>	<b>48</b>	<b>3,0</b>	<b>-14</b>
<b>Transportes</b>	<b>1.232</b>	<b>1.225</b>	<b>1.127</b>	<b>1.063</b>	<b>1.017</b>	<b>64</b>	<b>-17</b>
Aéreo	4,6	4,8	4,5	4,7	4,9	0,31	6,6
Rodoviário	1.214	1.207	1.109	1.043	999	63	-18
Ferrovário	4,4	4,4	4,5	4,6	3,4	0,22	-21
Marítimo	9,1	8,7	9,1	10	9,4	0,59	3,4
<b>Industrial</b>	<b>51</b>	<b>49</b>	<b>49</b>	<b>51</b>	<b>55</b>	<b>3,4</b>	<b>6,7</b>
Cimento	2,2	2,0	1,5	1,5	1,7	0,10	-25
Ferro-Gusa e Aço	22	20	19	21	21	1,3	-3,3
Ferro-Ligas	1,5	2,1	1,8	2,2	1,9	0,12	22
Mineração e Pelotização	0,3	0,36	0,36	0,24	0,28	0,02	-18
Não-Ferrosos	1,4	1,1	1,1	0,86	0,89	0,06	-34
Química	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	0,08	-0,73
Alimentos e Bebidas	14	14	16	16	19	1,2	35
Têxtil	0,45	0,43	0,32	0,33	0,32	0,02	-29
Papel e Celulose	2,8	2,7	3,1	3,1	3,3	0,21	17
Cerâmica	3,6	3,5	3,2	3,4	3,5	0,22	-3,0
Outros	1,8	1,8	1,5	1,6	1,6	0,10	-11
<b>TOTAL</b>	<b>1.892</b>	<b>1.841</b>	<b>1.714</b>	<b>1.639</b>	<b>1.596</b>	<b>100</b>	<b>-16</b>

**Tabela 43** – Emissões de NMVOC, por destinação

Destinação	1990	1991	1992	1993	1994		1990/94
	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	%	%
Força Motriz	0,95	1,0	1,0	1,1	1,1	0,07	20
Caldeira	59	60	59	59	63	3,9	5,9
Aquecedor	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,00	11
Forno	598	554	526	515	514	32	-14
Secador	0,85	0,88	1,0	0,90	0,91	0,06	6,3
Iluminação	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,00	-36
Transporte	1.232	1.225	1.127	1.063	1.017	64	-17
<b>TOTAL</b>	<b>1.892</b>	<b>1.841</b>	<b>1.714</b>	<b>1.639</b>	<b>1.596</b>	<b>100</b>	<b>-16</b>

No ano de 1994, o Brasil emitiu 1.596 Gg de NMVOC, por queima de combustíveis. As emissões decresceram a uma taxa de 16% entre 1990 e 1994.

Observando a Tabela 41, nota-se que as emissões são bem distribuídas entre os combustíveis fósseis (48%) e as fontes da biomassa (52%) e que ambas retrocederam no período: fontes fósseis (-21%) e fontes da biomassa (-10%).

O principal combustível em termos de emissões de NMVOC em 1994 é a Gasolina (36%) seguida da Lenha (32%) e do Óleo Diesel (10%). Dentre eles, encontram-se tendências opostas no período: crescimento para o Óleo Diesel (12%) e redução para a Gasolina (-28%) e para a Lenha (-14%).

Em termos de emissões setoriais (Tabela 42), Transportes é o principal responsável pelas emissões de NMVOC (64%), com predominância do modo Rodoviário (63%), seguido do Setor Energético Amplo, com predominância das Carvoarias (17%), e do Residencial (11%). Dos três setores que mais emitiram todos apresentaram reduções das emissões no período de 1990 a 1994.

Em termos de destinação (Tabela 43), as principais emissões provêm de Transporte (64%), seguidas das geradas por Forno (32%).

Cruzando as três variáveis - equipamento; combustível e setor - identifica-se que os veículos a Gasolina (36%), a Lenha consumida nas Carvoarias (17%), veículos rodoviários a Álcool Etílico (17%), os Fornos a Lenha do Setor Residencial (11%), os veículos rodoviários a Óleo Diesel (9%) são os principais emissores de NMVOC.

## Referências Bibliográficas

CETESB, 1994, *Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo*, Departamento de Tecnologia de Emissões de Veículos, CETESB, SP, 1994.

IPCC, UNEP, OECD, IEA, 1995 *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Bracknell, UK.

IPCC, OECD, IEA, 1997 *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Bracknell, UK.

MME Ministério de Minas e Energia, 1998, *Balanço Energético Nacional 1998 Ano Base 1997*, Brasil.

MME Ministério de Minas e Energia, 1995, *Balanço de Energia Útil*, FDTE.

MME Ministério de Minas e Energia, *Sistema de Informação do Balanço Energético (SIBE)*.



## **AGRADECIMENTOS ESPECIAIS**

Expressamos nossa mais profunda gratidão ao Prof. José Israel Vargas, Ministro de Estado da Ciência e Tecnologia, de 1992 a 1999, por compartilhar conosco seus conhecimentos e suas idéias sobre as questões da mudança do clima e por sua incessante orientação e incentivo. Estendemos nosso agradecimento ao Prof. Luiz Carlos Bresser Pereira, Ministro de Estado da Ciência e Tecnologia de janeiro a julho de 1999 e ao Embaixador Ronaldo Mota Sardenberg, Ministro de Estado da Ciência e Tecnologia, de agosto de 1999 a 2002. Agradecemos, ainda, ao Dr. Roberto Amaral, Ministro de Estado da Ciência e Tecnologia, de janeiro de 2003 a janeiro de 2004 e ao Dr. Eduardo Campos, Ministro de Estado da Ciência e Tecnologia, de janeiro de 2004 a julho de 2005. Nosso mais sincero agradecimento a Luiz Gylvan Meira Filho, ex-Presidente da Agência Espacial Brasileira e ex-Vice-Presidente do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima - IPCC, por sua orientação intelectual e seu apoio.