

**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*

**Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa
COPPE**



Ministério da Ciência e Tecnologia
2002

PRESIDENTE DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
FERNANDO HENRIQUE CARDOSO

MINISTRO DE ESTADO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
RONALDO MOTA SARDENBERG

SECRETÁRIO DE POLÍTICAS E PROGRAMAS DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
LUIZ GYLVAN MEIRA FILHO

DIRETOR DO DEPARTAMENTO DE PROGRAMAS TEMÁTICOS

EXECUÇÃO

COORDENADOR GERAL DE MUDANÇAS GLOBAIS
JOSÉ DOMINGOS GONZALEZ MIGUEZ

COORDENADOR TÉCNICO DO INVENTÁRIO
NEWTON PACIORNIK

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 seu constante incentivo. Estendemos nosso agradecimento ao Prof. Luiz Carlos Bresser Pereira, Ministro da Ciência e Tecnologia de janeiro a julho de 1999. Nosso mais sincero agradecimento a Luiz Gylvan Meira Filho, Presidente da Agência Espacial Brasileira e Vice-Presidente do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima – IPCC, por sua orientação intelectual e seu apoio.

PRIMEIRO INVENTÁRIO BRASILEIRO DE EMISSÕES ANTRÓPICAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA

RELATÓRIOS DE REFERÊNCIA

EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DO SISTEMA ENERGÉTICO

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

Ministério da Ciência e Tecnologia

2002

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 Ciência e Tecnologia
Departamento de Programas Temáticos
Coordenação Geral de Mudanças Globais

Esplanada dos Ministérios Bloco E 2º Andar Sala 240

70067-900 - Brasília - DF

Telefone: (61) 317-7923 e 317-7523

Fax: (61) 317-7657

e-mail: cpmg@mct.gov.br

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

Revisão:

Branca Bastos Americano

Newton Paciornik

Mauro Meirelles de Oliveira Santos

Revisão de Editoração:

Mara Lorena Maia

Anexandra de Ávila Ribeiro

A realização deste trabalho 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) 329-2000

Fax: (61) 329-2099

e-mail: 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

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

Agradecemos à equipe administrativa do GEF, do PNUD e do U.S. Country Studies Program e, em particular, 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, por seu apoio e incentivo em todos os momentos, e Carlos Castro, ambos do escritório do PNUD no Brasil; 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
Prefácio	9
Introdução	10
Sumário Executivo	13
1 Introdução	17
2 Sistema Energético Brasileiro	19
2.1 Consumo de energia por setor	27
2.1.1 Consumo Final de Energia no Setor Industrial	30
2.1.2 Consumo final de energia no Setor de Transportes	34
2.1.3 Consumo final de energia no Setor Residencial	37
2.1.4 Consumo final de energia no Setor Público	39
2.1.5 Consumo final de energia no Setor Agropecuário	41
2.1.6 Consumo final de energia no Setor Energético	43
2.1.7 Consumo final de energia no Setor Não Energético	45
2.1.8 Centros de transformação	47
2.1.8.1 Consumo de energia nas centrais termelétricas	47
2.1.8.2 Consumo de energia nas Carvoarias	51
3 Emissões de CO ₂	52
3.1 Setor de Transportes	63
3.2 Setor Industrial	67
3.3 Setor Energético Amplo	74
3.4 Setor Residencial	77
3.5 Setor Agropecuário	79
3.6 Setor Comercial	80
3.7 Setor Público	82
3.8 Consumo Não Energético	83
4 Emissões de Gases Não-CO ₂	85
4.1 Monóxido de Carbono (CO)	87
4.2 Metano (CH ₄)	92
4.3 Óxidos de Nitrogênio (NO _x)	97
4.4 Óxido Nitroso (N ₂ O)	102
4.5 Compostos Orgânicos Voláteis Não Metânicos (NMVOC)	106
Referências Bibliográficas	110

Lista de Figuras

FIGURA 1 - Oferta Interna de Energia, de 1940 a 1998	19
FIGURA 2 - Oferta interna bruta de energia, por fonte - (Mtep)	22
FIGURA 3 - Consumo final, por fonte - (Mtep)	22
FIGURA 4 - Consumo final, por fonte – (%)	23
FIGURA 5 - Geração de Eletricidade – (TWh)	24
FIGURA 6 - Consumo de energia, por setor	29
FIGURA 7 - Evolução do consumo final de energia, por subsetores do Setor Industrial	32
FIGURA 8 - Evolução do consumo final de energia no Setor Industrial, por fontes	33
FIGURA 9 - Evolução do consumo final de energia, por subsetores do Setor de Transportes	35
FIGURA 10 - Evolução do consumo final de energia no Setor de Transportes, por fontes	36
FIGURA 11 - Evolução do consumo final de energia no Setor Residencial, por fontes	38
FIGURA 12 - Evolução do consumo final de energia no Setor de Público, por fontes	40
FIGURA 13 - Evolução do consumo final de energia no Setor Agropecuário, por fontes	42
FIGURA 14 - Evolução do consumo final de energia no Setor Energético, por fontes	44
FIGURA 15 - Evolução do consumo final não energético, por fontes	46
FIGURA 16 - Evolução do consumo energético das centrais termelétricas de serviço público, por fontes	49
FIGURA 17 - Evolução do consumo energético das centrais termelétricas autoprodutoras, por fontes	50
FIGURA 18 - Geração de Eletricidade (Serviço Público e Autoprodutores) por tipo de fonte - 1994	60
FIGURA 19 - Percentual dos combustíveis fósseis no consumo final – 1994	61
FIGURA 20 - Evolução da participação dos combustíveis fósseis nos subsetores industriais	67
FIGURA 21 - Distribuição das emissões de CO2 do Setor Industrial - 1994	71
FIGURA 22 - Evolução das taxas de crescimento do consumo e das emissões	72

Lista de Tabelas

TABELA 1 - Oferta interna bruta de energia, por fonte	20
TABELA 2 - Consumo final de energia, por fonte	21
TABELA 3 - Dependência externa de energia	26
TABELA 4 - Consumo final de energia, por setor	27
TABELA 5 - Consumo dos combustíveis fósseis, por combustível – 1990/1994	53
TABELA 6 - Emissões de CO ₂ dos combustíveis fósseis, por combustível – 1990/1994	54
TABELA 7 - Consumo dos Combustíveis Fósseis, por setor – 1990/1994	55
TABELA 8 - Emissões de CO ₂ dos Combustíveis Fósseis, por setor – 1990/1994	56
TABELA 9 - Evolução da Participação de Combustíveis Fósseis	59
TABELA 10 - Consumo de Combustíveis no Setor de Transportes	64
TABELA 11 - Emissões de CO ₂ do Setor de Transportes	65
TABELA 12 – Consumo de Combustível no Setor Industrial – por combustível	68
TABELA 13 - Consumo de Combustível Fóssil no Setor Industrial – por subsetor	68
TABELA 14 - Emissões de CO ₂ do Setor Industrial – por combustível	70
TABELA 15 - Emissões de CO ₂ do Setor Industrial - por subsetor	70
TABELA 16 - Estrutura das emissões de CO ₂ no Setor Industrial, por subsetores e combustíveis – 1994 (%)	73
TABELA 17 - Consumo de Combustível no Setor Energético Amplo	75
TABELA 18 - Emissões de CO ₂ do Setor Energético Amplo	76
TABELA 19 - Consumo de Combustíveis no Setor Residencial	78
TABELA 20 - Emissões de CO ₂ do Setor Residencial	78
TABELA 21 – Consumo de Combustíveis do Setor Agropecuário	79
TABELA 22 - Emissões de CO ₂ do Setor Agropecuário	80
TABELA 23 - Consumo de Combustíveis no Setor Comercial	81
TABELA 24 – Emissões de CO ₂ do Setor Comercial	81
TABELA 25 - Consumo de Combustíveis no Setor Público	82
TABELA 26 - Emissões de CO ₂ do Setor Público	83
TABELA 27 - Consumo de Combustíveis para fins Não Energéticos	84
TABELA 28 - Emissões de CO ₂ do Consumo Não Energético	84
TABELA 29 - Emissões de CO, por combustível	89
TABELA 30 - Emissões de CO, por setor	90
TABELA 31 - Emissões de CO, por destinação	90
TABELA 32 - Emissões de CH ₄ , por combustível	94
TABELA 33 - Emissões de CH ₄ , por setor	95
TABELA 34 - Emissões de CH ₄ , por destinação	96
TABELA 35 - Emissões de NO _x , por combustível	99
TABELA 36 - Emissões de NO _x , por setor	100
TABELA 37 - Emissões de NO _x , por destinação	101
TABELA 38 - Emissões de N ₂ O, por combustível	103
TABELA 39 - Emissões de N ₂ O, por setor	104
TABELA 40 - Emissões de N ₂ O, por destinação	105
TABELA 41 - Emissões de NMVOC, por combustível	107
TABELA 42 - Emissões de NMVOC, por setor	108
TABELA 43 - Emissões de NMVOC, por destinação	109

Prefácio

A Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima entrou em vigor no Brasil em 1994, após ratificação pelo Congresso Nacional. Nos termos da Convenção, os países assumem, entre outros, o compromisso de desenvolver e atualizar, periodicamente, inventários nacionais das emissões antrópicas por fontes e remoções por sumidouros dos gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal, além de fornecer uma descrição geral das providências para implementar a Convenção. A série de relatórios setoriais, aqui apresentada, abrange os trabalhos que serviram de base para a elaboração do primeiro inventário brasileiro de gases de efeito estufa, referente ao período 1990-1994.

Para que o Brasil atendesse seus compromissos internacionais nesse campo, foi estabelecido, sob a coordenação do Ministério da Ciência e Tecnologia, um quadro institucional, na forma de um Programa, que também envolveu, para a elaboração dos relatórios setoriais, especialistas externos e instituições com reconhecida capacidade em cada área específica. Aos coordenadores setoriais coube a tarefa de envolver instituições e especialistas nas áreas definidas, para coleta e organização de dados, informações e bibliografia. As atividades foram desenvolvidas de maneira descentralizada, dada sua natureza multidisciplinar, envolvendo cerca de uma centena de instituições e quinhentos especialistas dos setores energético, industrial, florestal, agropecuário e de tratamento de resíduos. Os trabalhos, em muitos casos, envolveram a estimativa de indicadores e coleta de informações que não estão disponíveis na literatura científica nacional e, em alguns casos, informações privadas de empresas nacionais.

A metodologia adotada pela Convenção foi desenvolvida pelo Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima - IPCC, em conjunto com a Organização para Cooperação Econômica e Desenvolvimento - OCDE e a Agência Internacional de Energia - IEA, com o objetivo de permitir o cálculo e a apresentação das emissões antrópicas líquidas nacionais de gases de efeito estufa e encorajar sua disseminação entre os países participantes do IPCC e Partes da Convenção.

Algumas características importantes merecem ser ressaltadas. Em primeiro lugar, as emissões representam estimativas feitas em *bona fide*, ou seja, visam minimizar as incertezas e não criar viés infundado. Buscou-se a melhor estimativa possível, levando em consideração o atual estágio do conhecimento científico e a disponibilidade de recursos humanos e financeiros. Nem sempre as estatísticas existentes no País permitem a adequada avaliação das emissões e, de modo geral, em determinados setores onde não existe informação, métodos específicos foram desenvolvidos para avaliação do nível de atividade.

Adicionalmente, a coordenação do MCT, mediante a revisão detalhada dos resultados, orientou-se na busca do controle da qualidade, da confiabilidade e da transparência das informações contidas nos relatórios setoriais, disponíveis a qualquer interessado no endereço eletrônico www.mct.gov.br/clima. São encorajados comentários e sugestões que possam aprimorar o conteúdo dos relatórios, que resultarão no documento final a ser apresentado à Convenção.

Cumpramos ressaltar que esta série de relatórios representa um pequeno passo na compreensão dos diferentes processos de emissões de gases de efeito estufa por atividades antrópicas no País, mas representa um grande avanço para o Brasil. O enfoque baseado na idéia de um processo de melhorias contínuas e graduais permitiu o êxito, alcançado em apenas cinco anos, no esforço de coordenação das atividades nos diferentes setores nacionais, a participação abrangente de instituições e especialistas e a capacitação e conscientização da sociedade nas questões de mudança de clima.

Esse esforço permitiu e continuará a garantir o papel de relevo do Brasil nas negociações internacionais sobre mudança do clima e que, do ponto de vista interno, culminará com a ratificação do Protocolo de Quioto pelo Brasil. Mais do que isso, boa parte desse esforço terá sido empreendida não apenas em cumprimento a disposições de uma convenção internacional, mas em proveito do País e da sociedade brasileira.

Embaixador Ronaldo Mota Sardenberg
Ministro de Estado da Ciência e Tecnologia
Brasília, janeiro de 2002

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 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 (CO₂), metano (CH₄), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO_x), óxido nitroso (N₂O) 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 CO₂ 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 total¹ de 190.858 mil tep em 1994, as emissões foram de 231.408 Gg de CO₂, 12.266 Gg de CO, 293 Gg de CH₄, 1.601 Gg de NO_x, 8,7 Gg de N₂O e 1.169 Gg de NMVOC.

Em termos de CO₂, em 1994, o combustível responsável pela maior quantidade de emissões foi o Óleo Diesel (75.067 Gg de CO₂) e o setor que mais emitiu foi o Transporte Rodoviário (83.302 Gg de CO₂).

¹ Incluída neste total está a hidreletricidade.

Os outros combustíveis e setores mais relevantes em termos de emissões de CO₂, em 1990 e em 1994, encontram-se nas figuras a seguir. O crescimento das emissões totais de CO₂, no período de 1990 a 1994, foi de 17%.

Figura I - Emissões de CO₂ pela queima de combustíveis fósseis, por combustível

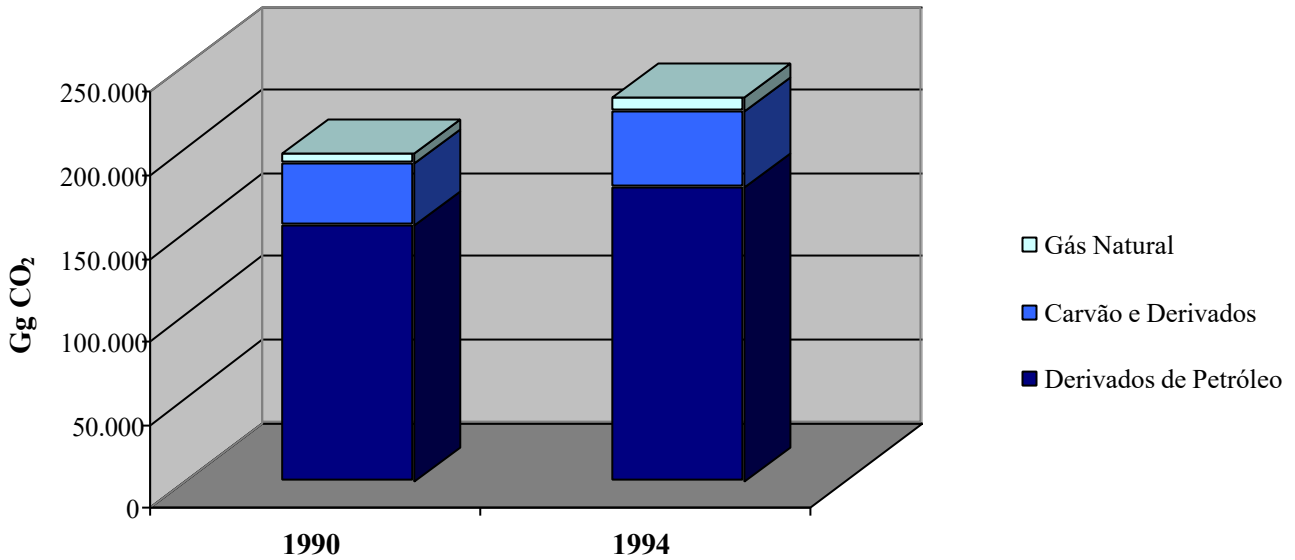
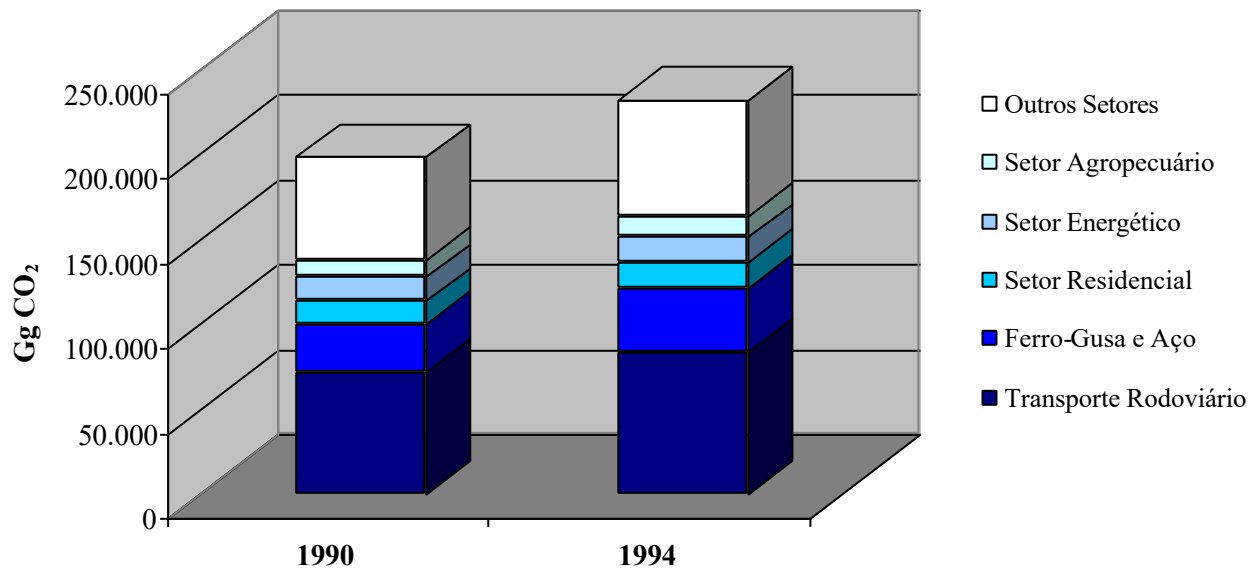


Figura II – Emissões de CO₂ pela queima de combustíveis fósseis, por setor

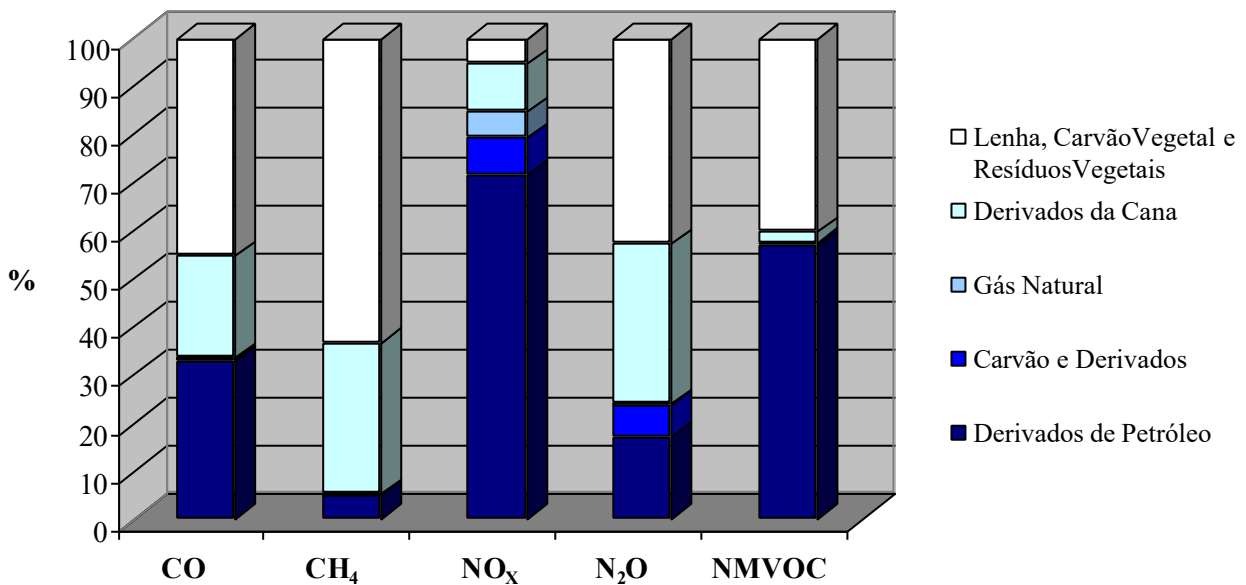


As figuras a seguir apresentam as emissões de gases não-CO₂ dos principais combustíveis e setores para o ano de 1994. Somente o CH₄ e o N₂O são gases de efeito estufa direto. Os outros gases inventariados são chamados gases precursores porque apesar de não serem

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.

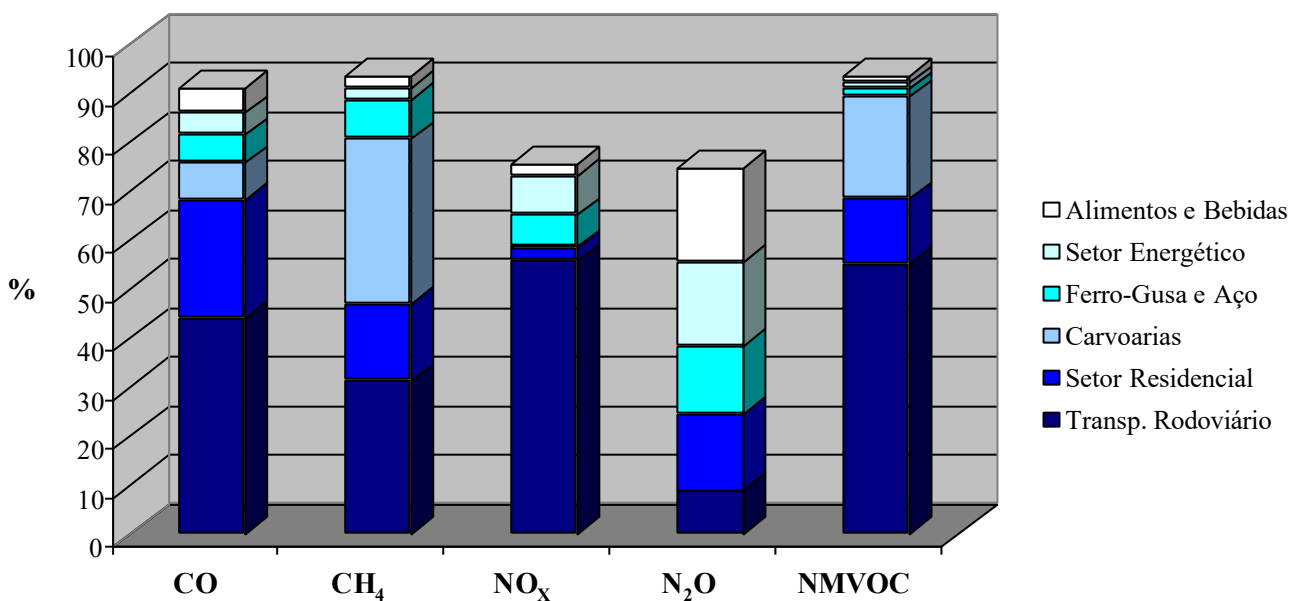
Pode-se afirmar que as emissões de CH₄ e N₂O estão predominantemente associadas a quatro combustíveis: a Lenha, o Bagaço, o Álcool Etílico e o Carvão Vegetal. Apenas os quatro combustíveis juntos respondem por 96% das emissões de CH₄ e de 73% das emissões de N₂O. Incluindo o Óleo Diesel, a Gasolina e o Óleo Combustível, atinge-se praticamente 100% das emissões de quase todos os gases.

Figura III - Emissões de gases de efeito estufa, exceto CO₂, 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 N₂O 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 CO₂, 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, CO₂ e não-CO₂, 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 CO₂ 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-CO₂ provenientes do consumo de combustíveis fósseis e da biomassa. Os resultados são apresentados por combustível, setor de consumo e tecnologia.

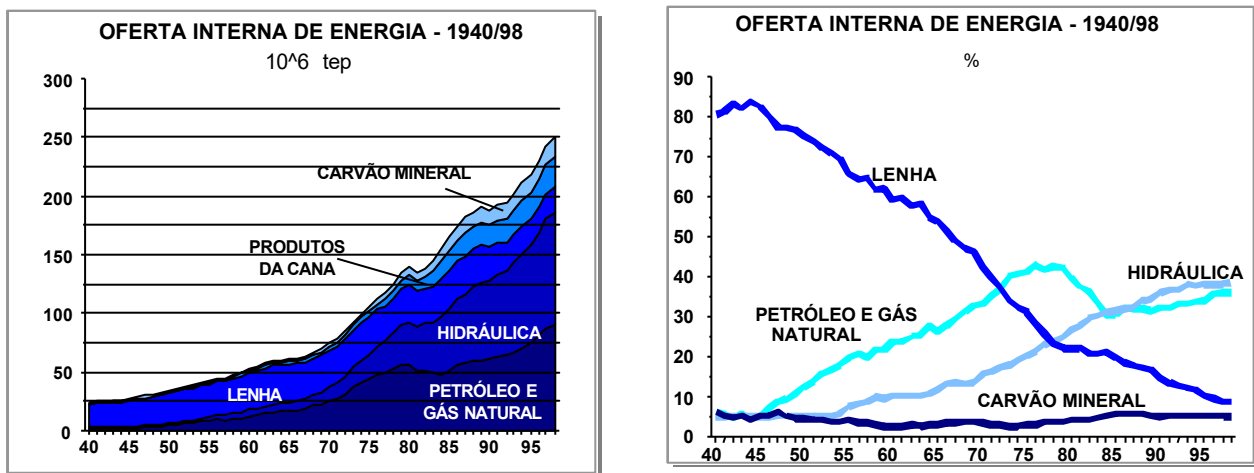
O Anexo I apresenta a metodologia utilizada, neste relatório, para o cálculo das emissões de gases de efeito estufa.

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 Álcool Etílico de cana-de-açúcar. A evolução da oferta interna bruta² de energia a partir da década de 1940 encontra-se nas figuras abaixo.

Figura 1 - Oferta Interna de Energia, de 1940 a 1998



² 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

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 final³, primária⁴ e secundária⁵, 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.

Tabela 1 - Oferta interna bruta de energia, por fonte

FONTE	Ano							
	1970		1974		1990		1994	
	Mtep ^a	%	Mtep ^a	%	Mtep ^a	%	Mtep ^a	%
Oferta de Energia Primária	74,5	100,6	99,1	100,0	181,2	96,8	197,6	93,7
Energia Não-renovável	27,7	37,4	43,0	43,4	73,0	39,0	78,4	37,2
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 ₃ O ₈							1,3	0,6
Energia Renovável	46,8	63,2	56,1	56,6	108,2	57,8	119,2	56,6
Hidráulica ^b	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
Oferta de Energia Secundária	-0,4	-0,6	0,0	0,0	6,1	3,2	13,2	6,3
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 ₂					0,6	0,3	-1,3	-0,6
Eletricidade ^b	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
Oferta Interna Bruta	74,0	100	99,2	100	187,3	100	210,8	100

Fonte: (BEN,1998).

^a 1 tep (1 tonelada equivalente de petróleo) \equiv 45,22 GJ (com base no poder calorífico superior médio do petróleo consumido no Brasil)

^b Fator de conversão de energia hidráulica e eletricidade para tep: 1 MWh = 0,29 tep

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

⁴ Energia primária - produtos energéticos providos pela natureza, na sua forma direta.

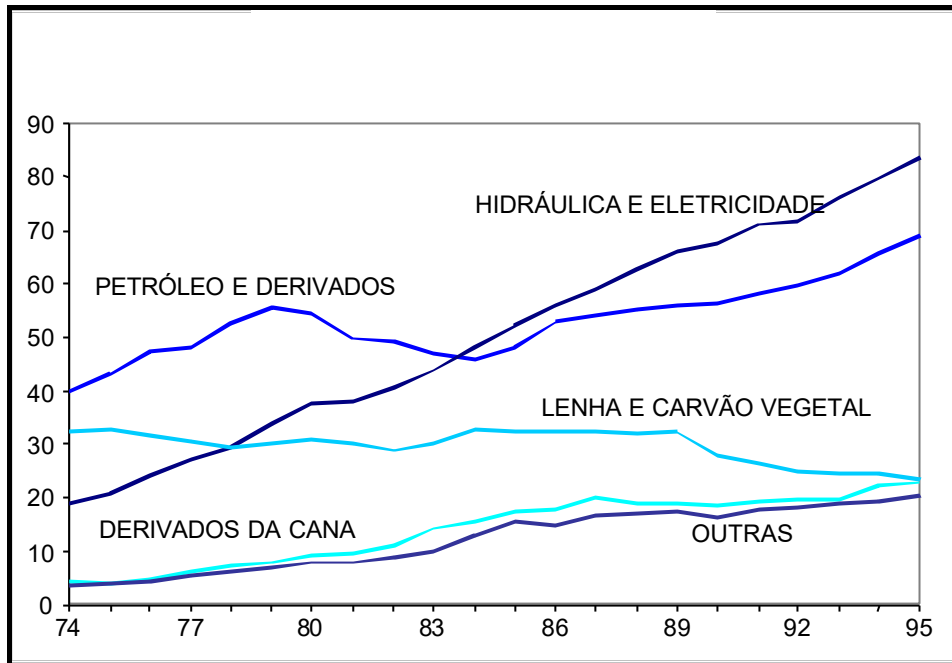
⁵ Energia secundária - produtos energéticos provenientes dos diversos centros de transformação de energia que têm como destino os setores de consumo ou outros centros de transformação.

Tabela 2 - Consumo final de energia, por fonte

Fonte de Energia	Ano							
	1970		1974		1990		1994	
	Mtep	%	Mtep	%	Mtep	%	Mtep	%
ENERGIA PRIMÁRIA	31,4	45,3	30,9	33,3	32,0	18,9	34,9	18,2
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
ENERGIA SECUNDÁRIA	37,8	54,7	61,9	66,7	137,5	81,1	156,0	81,8
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 ₂)	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
TOTAL	69,1	100,0	92,8	100,0	169,4	100,0	190,9	100,0

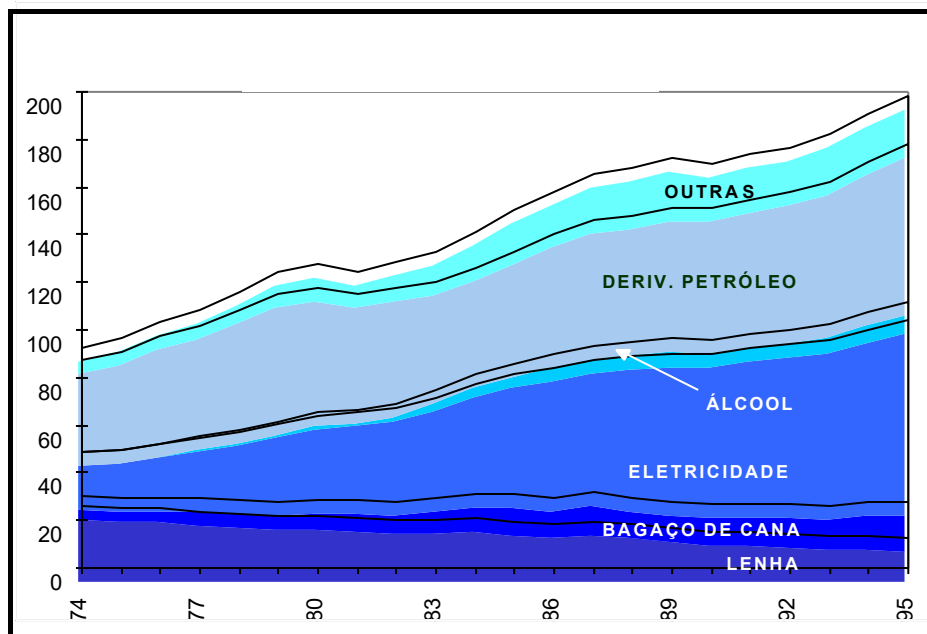
Fonte: (BEN,1998)

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

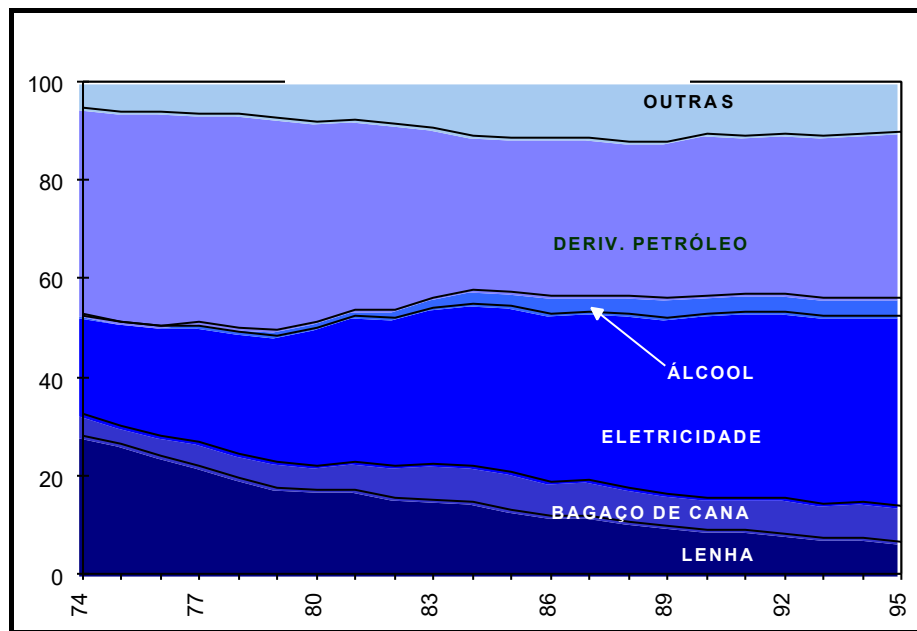


Fonte: (BEN, 1998)

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



Fonte: (BEN, 1998)

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

Fonte: (BEN, 1998)

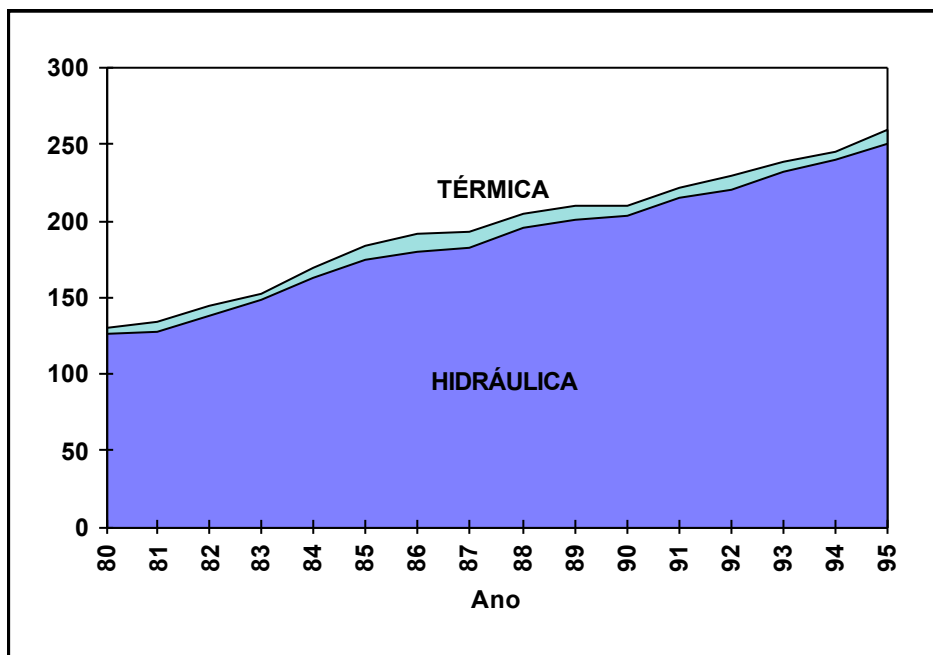
Até a década de 70, a Lenha, extraída basicamente de florestas nativas, representava a principal fonte energética do país, atendendo ao consumo dos setores Residencial (cocção de alimentos), Industrial (geração de vapor e calor direto), Agropecuário (secagem de grãos) e à produção de Carvão Vegetal. 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 Etilico 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 ^a (Mtep)	Dependência ^b (%)	Produção (Mtep)	Importação ^a (Mtep)	Dependência ^b (%)	Produção (Mtep)	Importação ^a (Mtep)	Dependência ^b (%)
Petróleo ^c	8,0	17,4	68,5	31,9	26,9	45,7	33,8	38,0	52,9
Carvão Metalúrgico ^d	0,5	1,5	75,3	0,3	7,8	96,1	0,4	9,8	96,4
Eletricidade ^e	13,3	0,0	0,0	64,6	7,7	10,6	75,6	9,2	10,8
Energia Total^f	57,1	18,9	24,9	148,1	43,0	22,5	162,3	57,8	26,2

Fonte: (BEN, 1998)

^a Importações líquidas

^b Dependência = Importação/(Produção + Importação)

^c A importação de petróleo inclui petróleo cru e derivados

^d A importação de Carvão Metalúrgico inclui também Coque importado. Na contabilização energética do Coque importado, é feita a equivalência de 1tep 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.

^e 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.

^f Energia Total: a produção refere-se apenas a produtos energéticos primários domésticos; a importação inclui produtos energéticos primários e secundários importados.

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	%*
Consumo Final Energético	67,6	97,9	89,6	96,5	159,7	94,3	180,2	94,4
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
Consumo Final Não Energético	1,4	2,1	3,2	3,5	9,7	5,7	10,7	5,6
Consumo Final Total	69,0	100,0	92,8	100,0	169,4	100,0	190,9	100,0

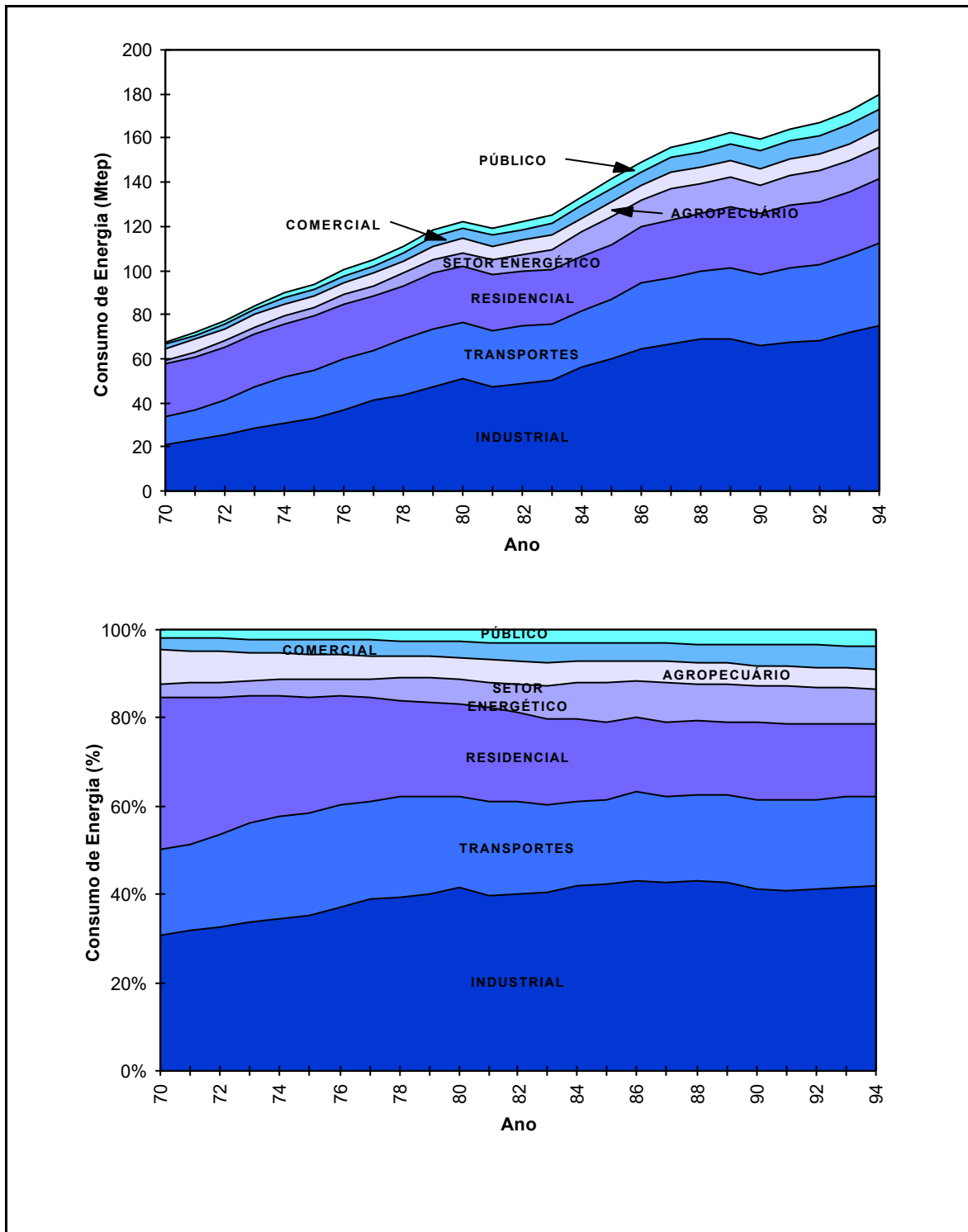
Fonte: (BEN, 1996)

* 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 conseqüência do crescimento nacional da produção de Ferro-Gusa e Aço. Este crescimento de consumo foi acelerado no início da década de 90, quando se

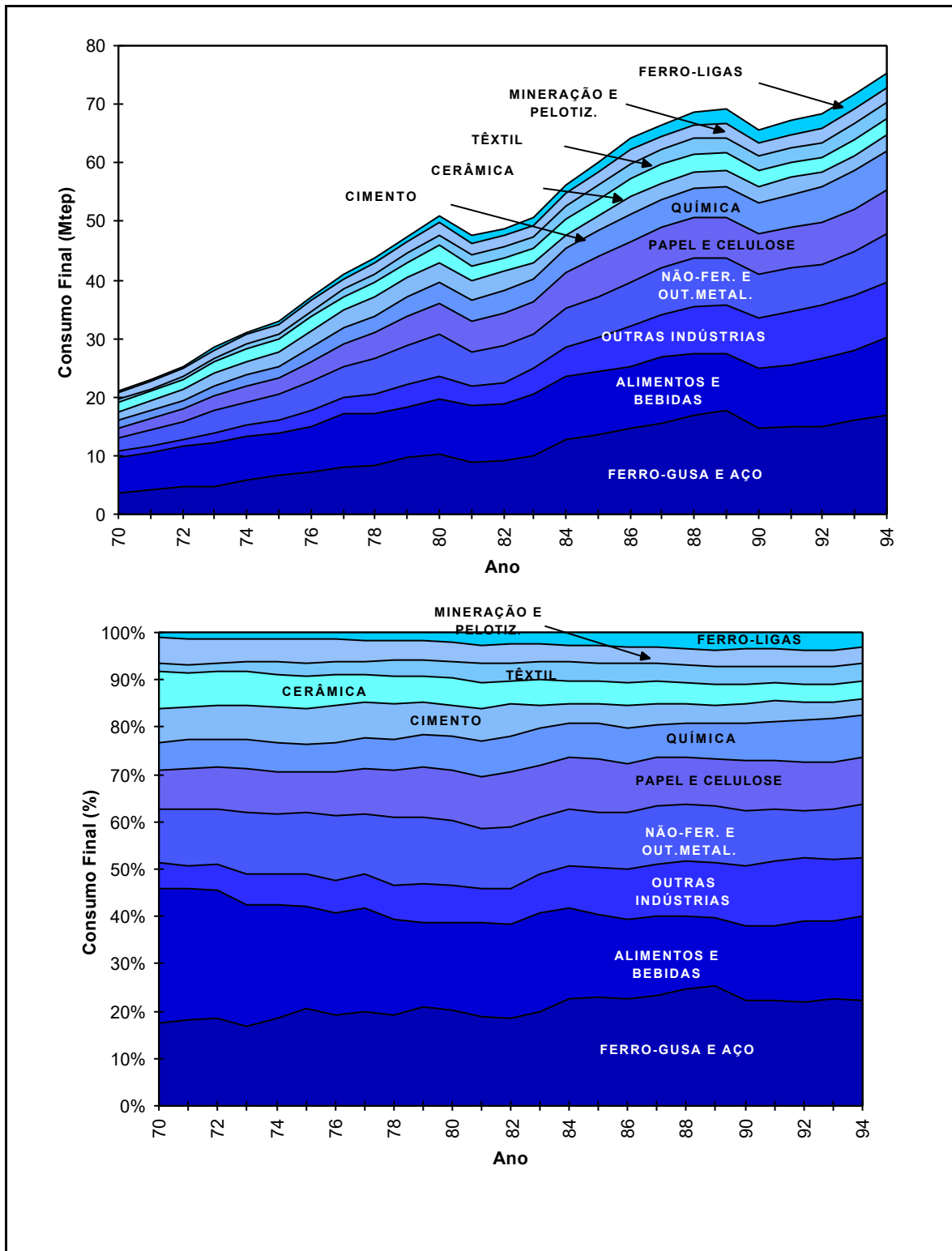
reduziram as barreiras à importação do Carvão Metalúrgico, época em que o consumo de coque ultrapassou o consumo de Carvão Vegetal.

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.

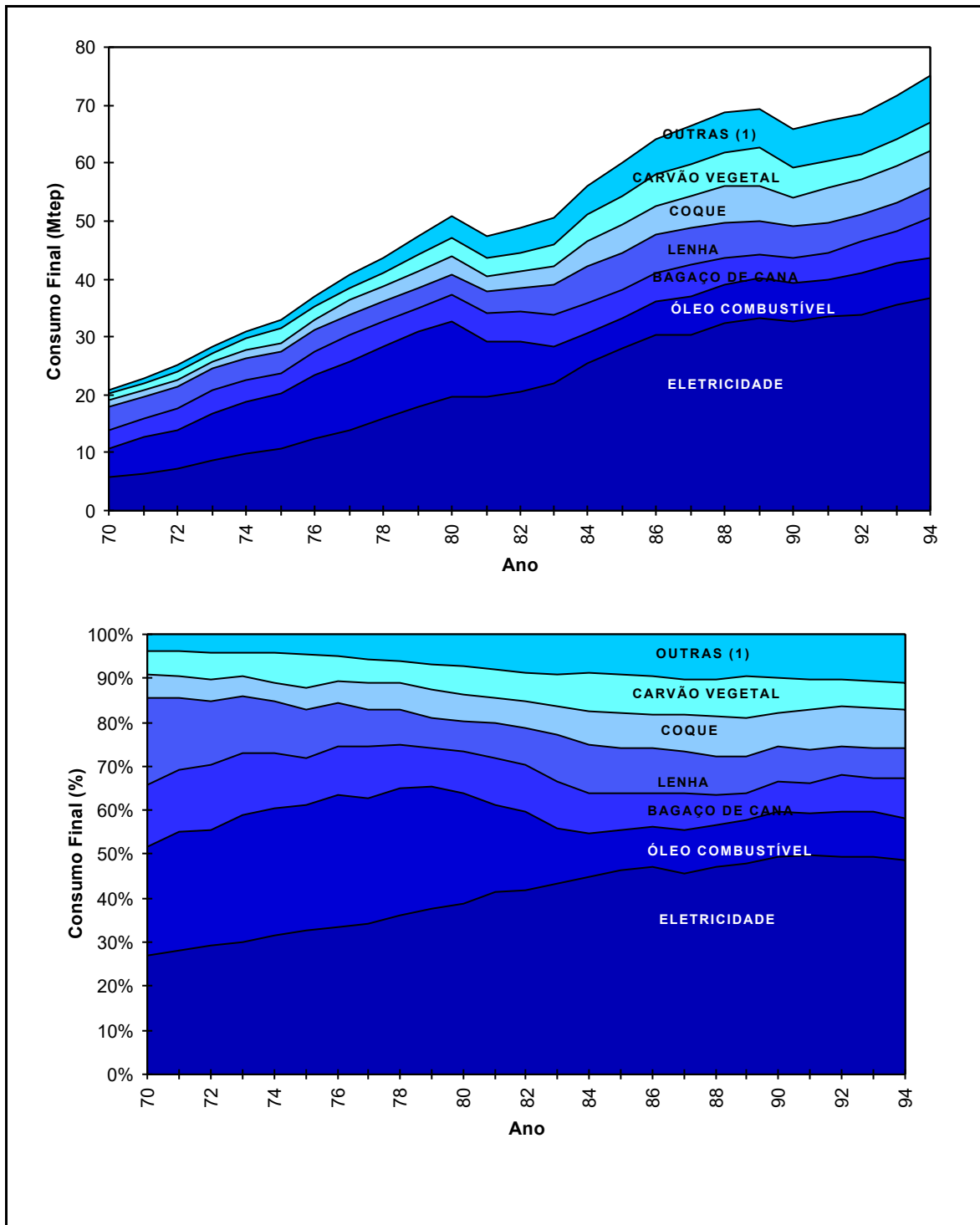
As Figuras 7 e 8 apresentam, respectivamente, a evolução do consumo de cada um dos subsetores do Setor Industrial e das diversas fontes de energia.

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



Fonte: (BEN, 1996)

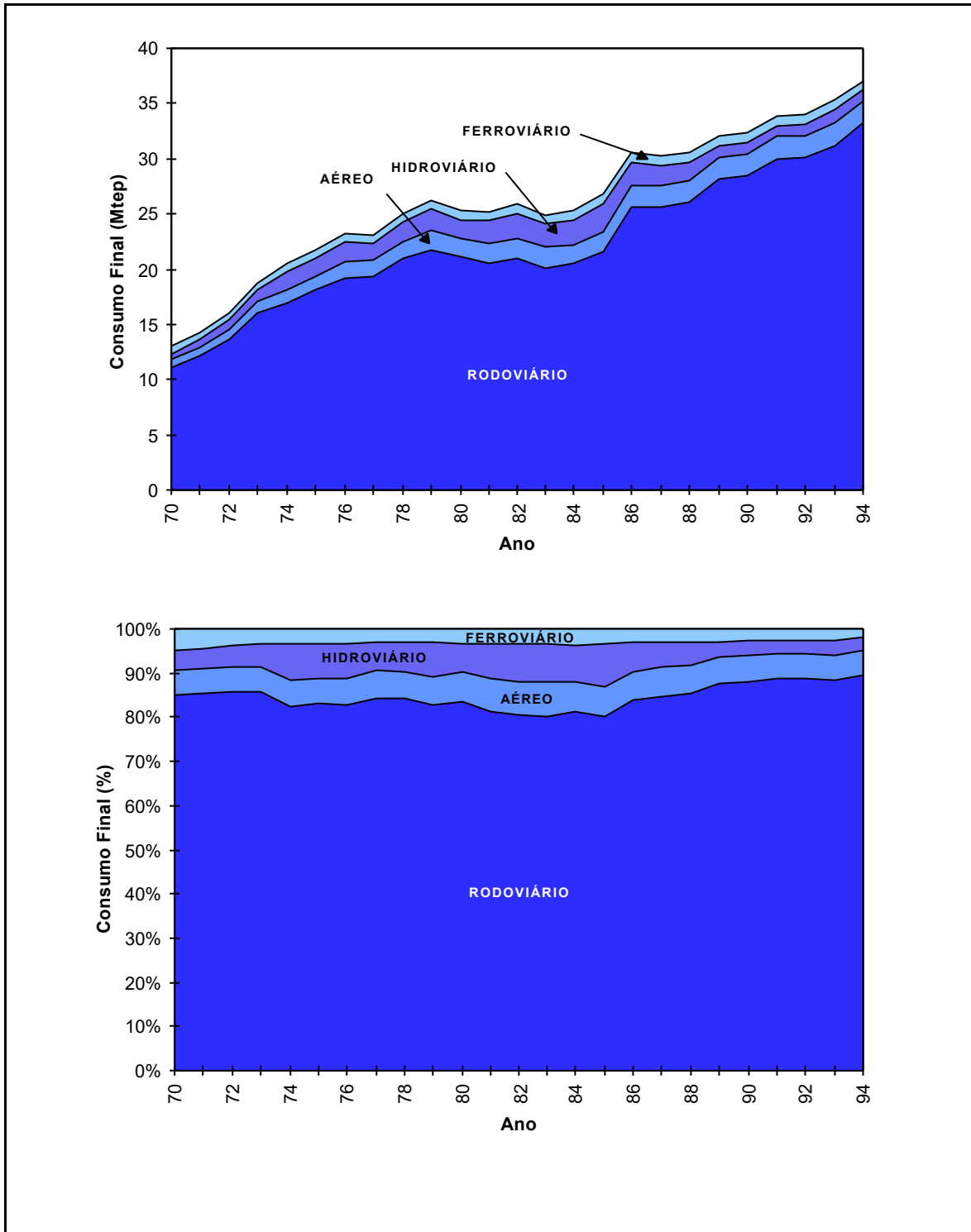
(1) Inclui Gás Natural, carvão mineral, outras fontes primárias renováveis, Óleo Diesel, GLP, Gás Canalizado, Outras Secundárias de Petróleo e Alcatrão

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.

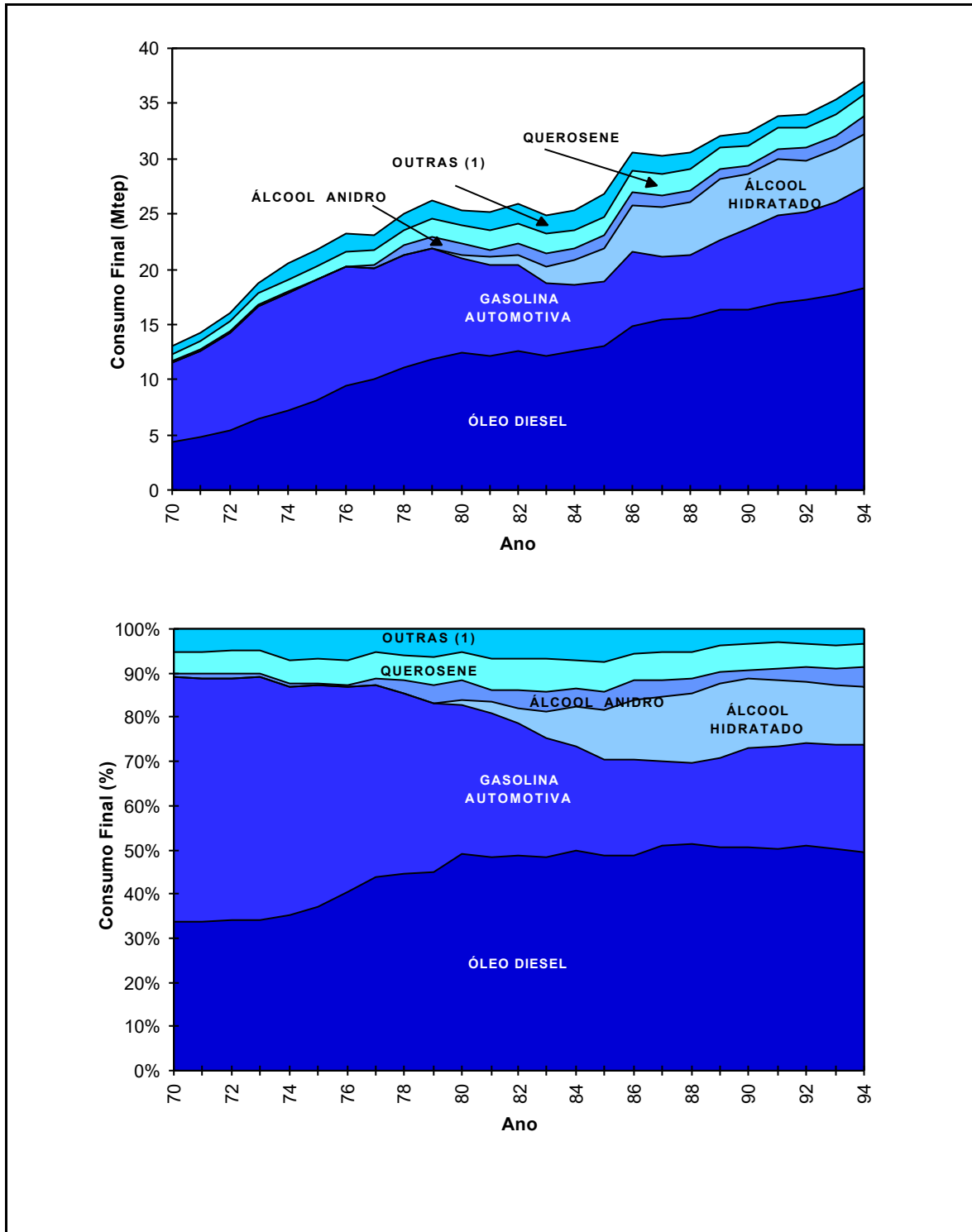
As principais fontes de energia consumidas foram o Óleo Diesel, a Gasolina automotiva e os Álcoois Anidro (adicionado à Gasolina) e Hidratado, que, em 1994, representaram, respectivamente, cerca de 50%, 25% e 17% do consumo. As demais fontes de energia permanecem num patamar inferior a 5% do consumo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

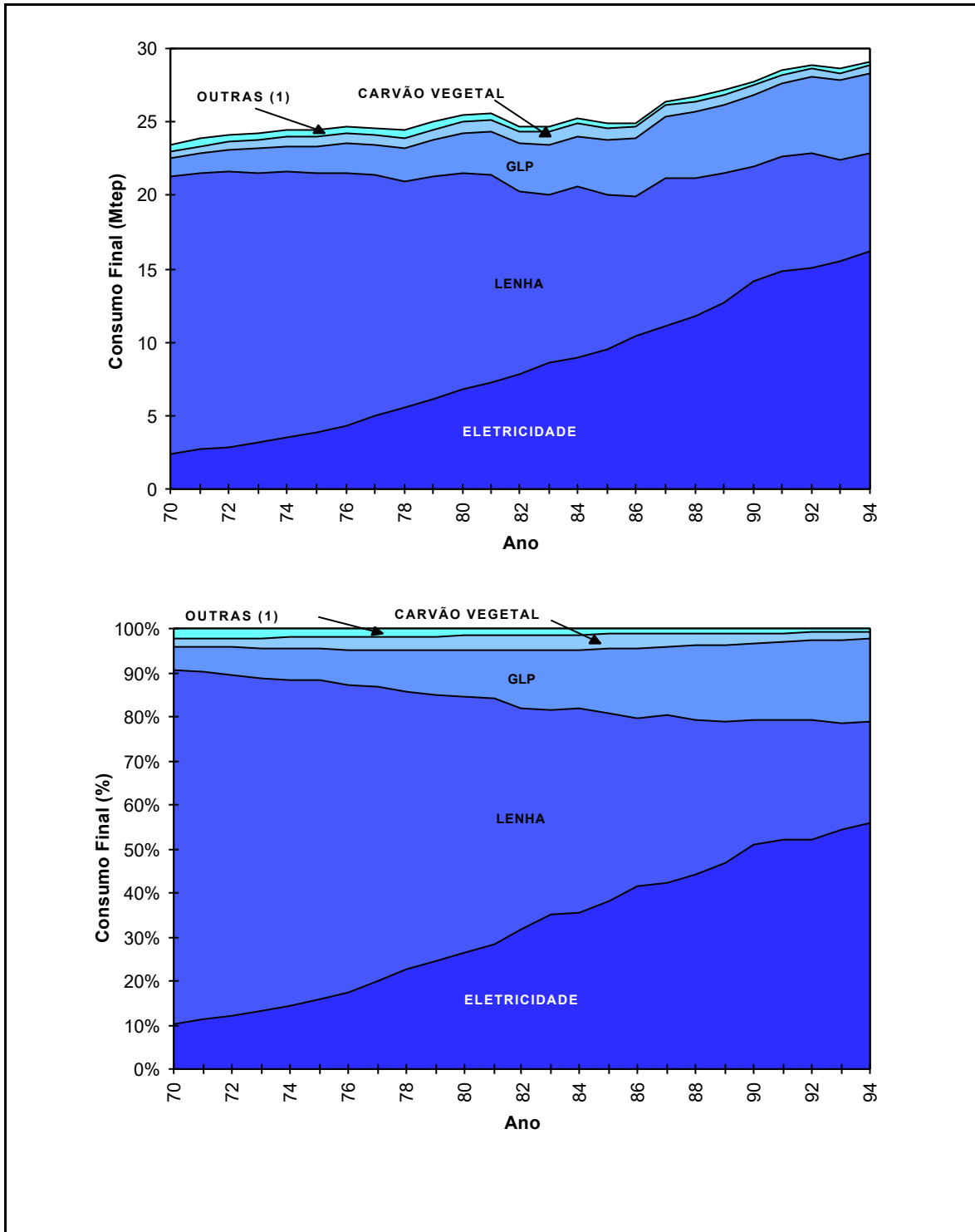
(1) Inclui Gás Natural, Carvão Vapor, Lenha, Óleo Combustível, Gasolina de Aviação, Eletricidade e Outras Secundárias de Petróleo.

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



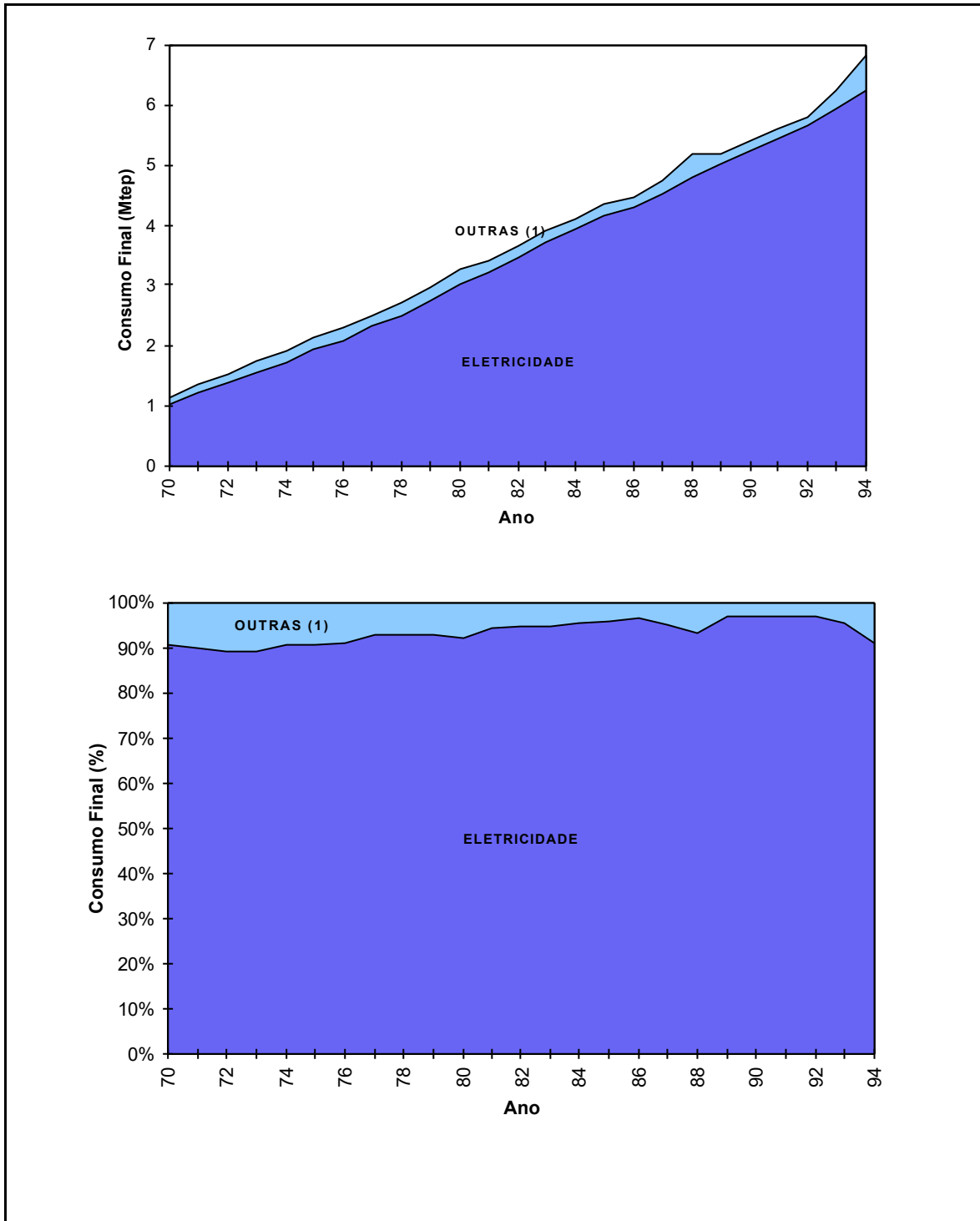
Fonte: (BEN, 1996)

(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)

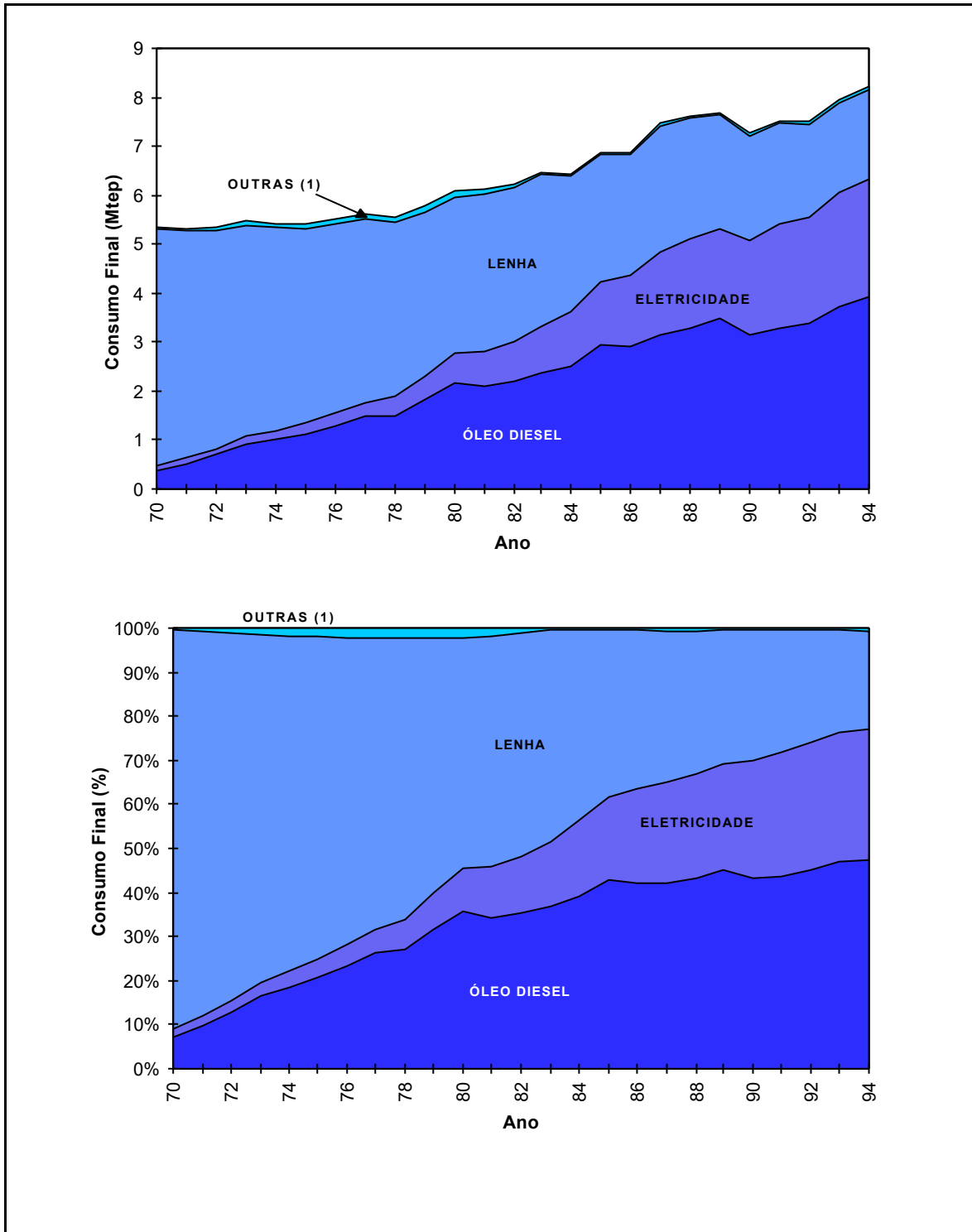
(1) Inclui Gás Natural, Lenha, Óleo Diesel, Óleo Combustível, GLP, Querosene, Gás Canalizado, Carvão Vegetal e Outras Secundárias de Petróleo

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)

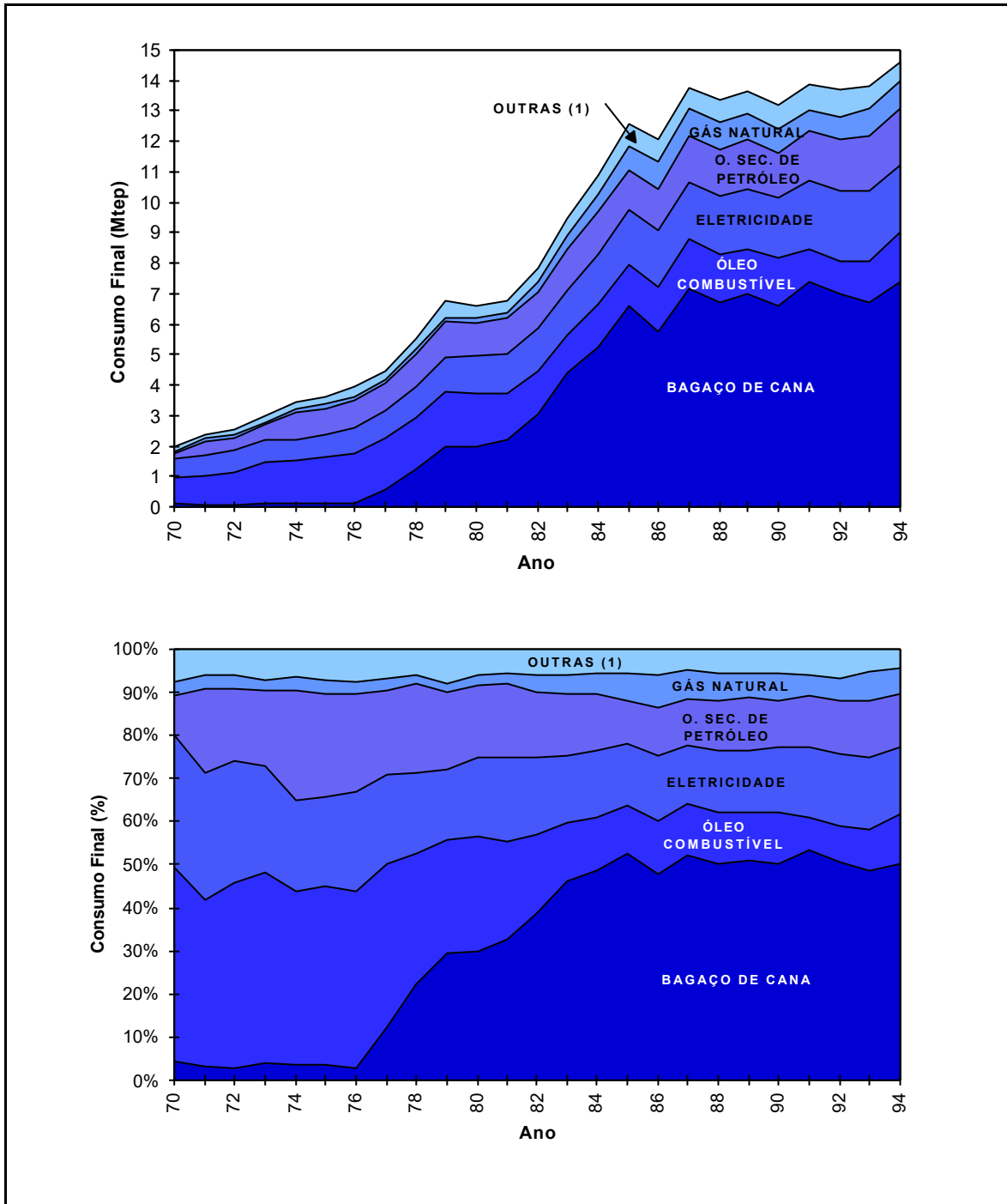
(1) Inclui Óleo Combustível, GLP, Querosene e Carvão Vegetal.

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)

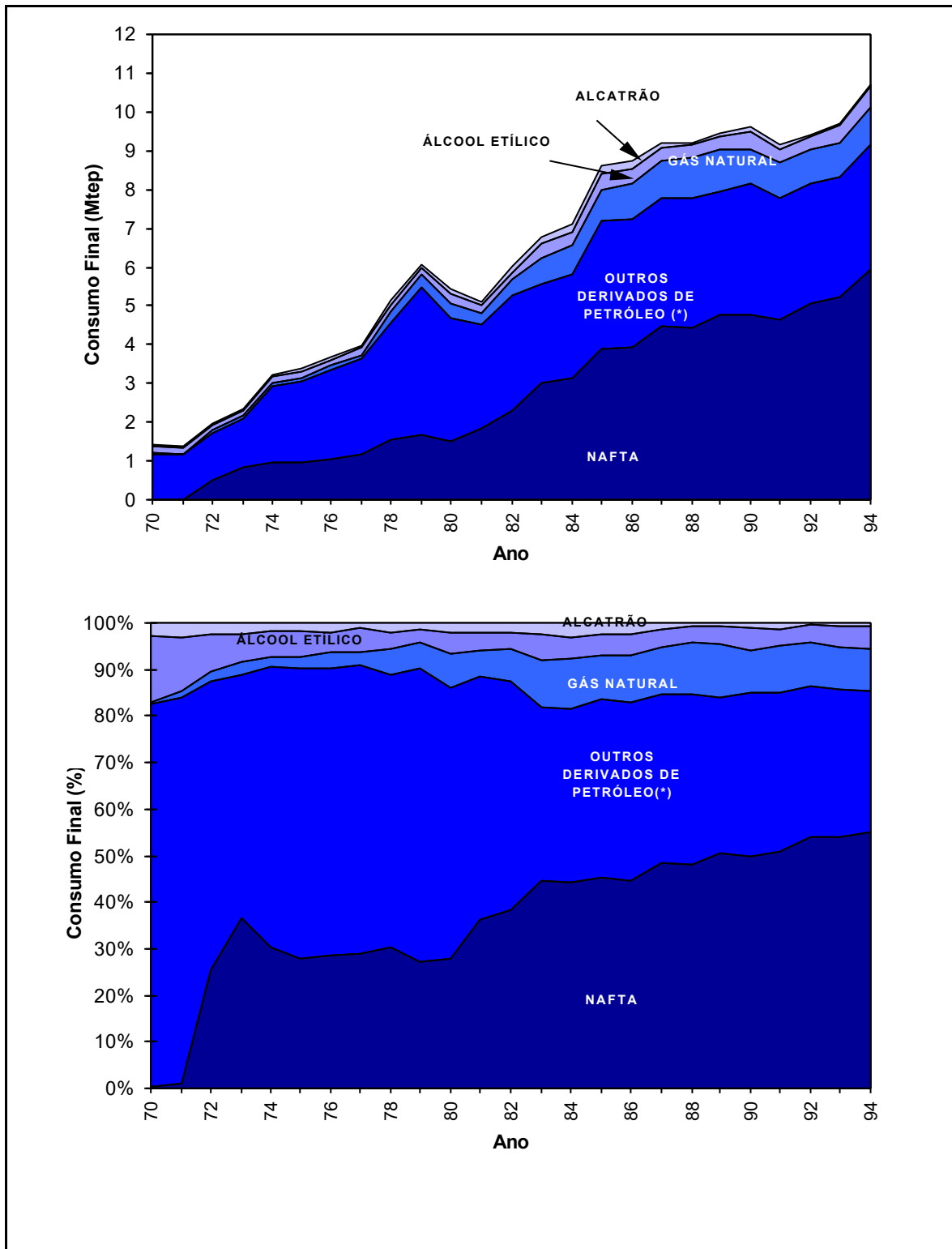
(1) Inclui Óleo Diesel, GLP, Nafta, Querosene, Gás de Coqueria, Gás Canalizado, Coque de Carvão Mineral e Alcatrão

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



Fonte: (BEN, 1996)

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

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

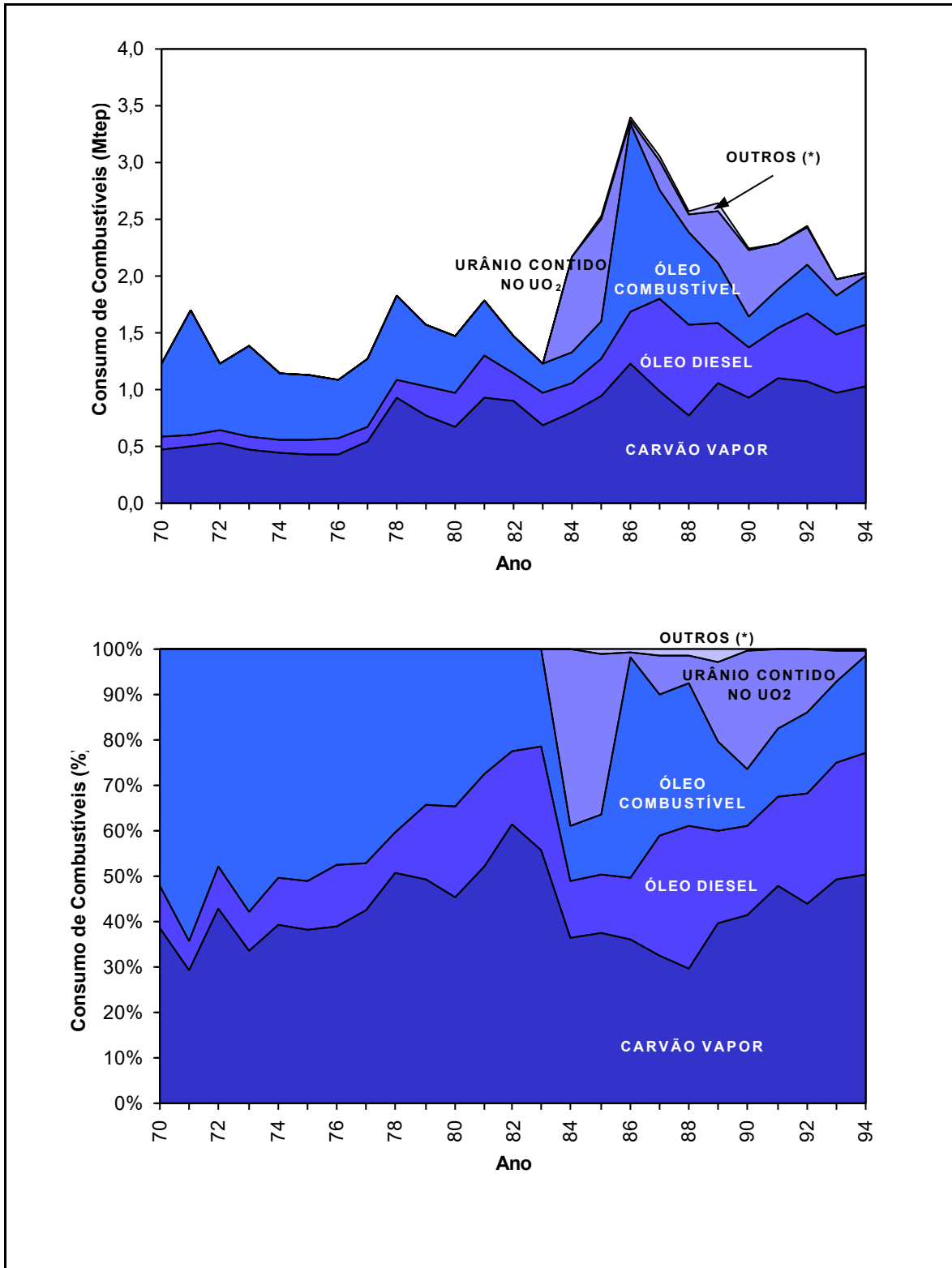
O consumo de energia nas centrais termelétricas de serviço público teve um aumento modesto, com média anual de 2% no período de 1970 a 1994. Em 1994, a mais importante fonte energética de geração termelétrica de serviço público foi o Carvão Vapor, empregado na região Sul, seguido pelo Óleo Diesel, com 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%.

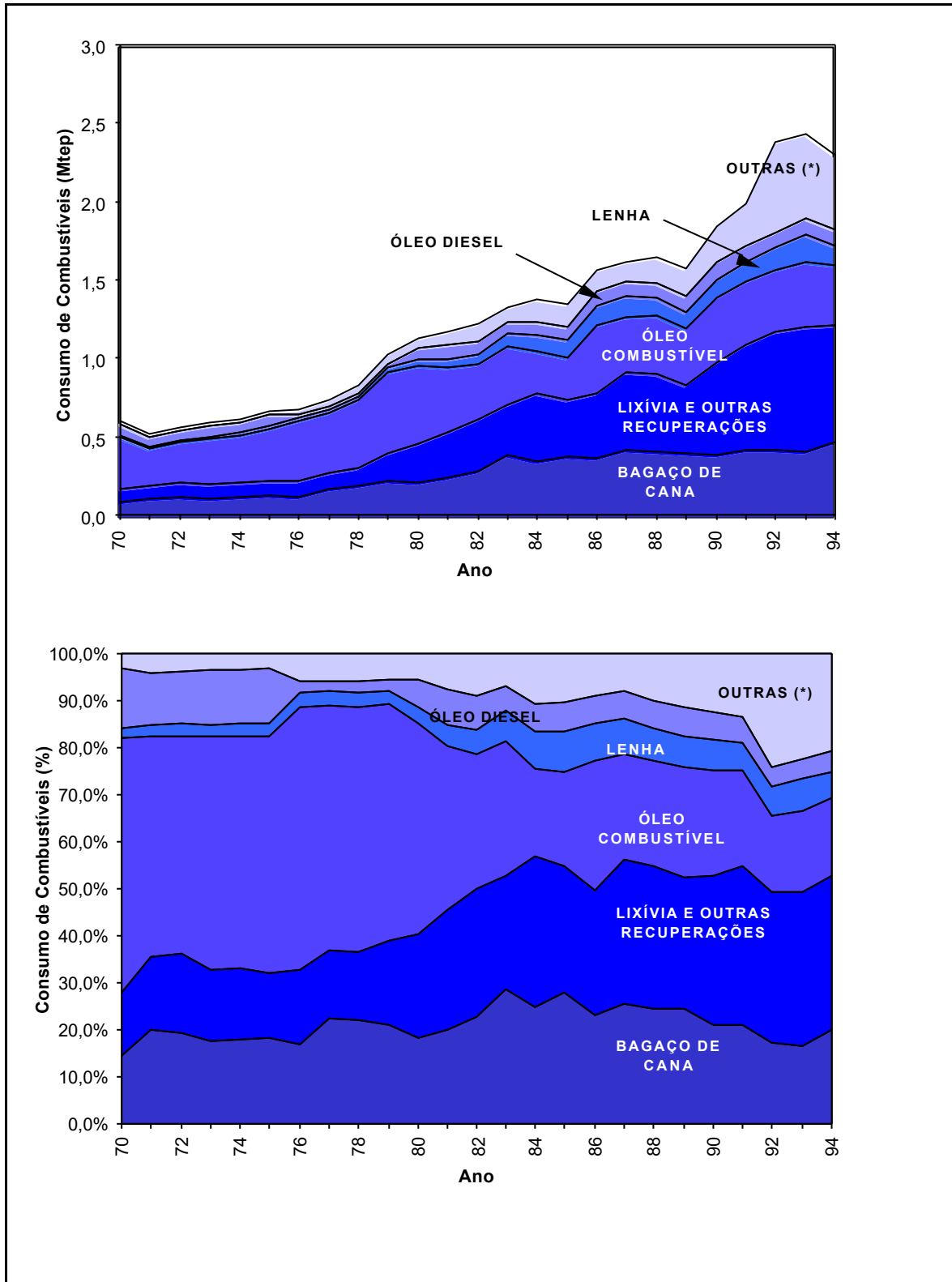
Figura 16 - Evolução do consumo energético das centrais termelétricas de serviço público, por fontes



Fonte: (BEN, 1996)

(*) Inclui Lenha e Gás Natural

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



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 CO₂ e outros gases de efeito estufa.

3..Emissões de CO₂

As emissões de CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂ num nível mais desagregado, o mesmo adotado para o cálculo das emissões dos outros gases de efeito estufa⁶. Seguindo essa orientação, as emissões de CO₂ 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.

⁶ Outros gases de efeito estufa reportados, conhecidos genericamente como gases não-CO₂ são: CO, CH₄, NO_x, N₂O e NMVOC.

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
Total	2.938.261	3.046.609	3.123.847	3.242.465	3.404.341	100	16

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 CO₂ dos combustíveis fósseis, por combustível – 1990/1994

Combustível	Emissões de CO ₂						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
Total	197.972	208.573	213.170	221.734	231.408	100	17

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	%	
Setor Energético Amplo	302.982	298.238	328.413	333.841	340.980	10	13
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
Consumo Não Energético	394.364	380.313	389.815	398.029	438.819	13	11
Residencial	220.087	226.092	234.362	243.021	243.125	7,1	10
Comercial	29.990	27.788	28.620	21.686	21.940	0,64	-27
Público	6.939	7.237	6.896	11.962	26.142	0,77	277
Agropecuário	136.301	142.143	146.267	161.603	170.581	5,0	25
Transportes	1.140.278	1.197.238	1.206.521	1.251.750	1.313.481	39	15
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
Industrial	707.321	767.559	782.952	820.572	849.273	25	20
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
Total	2.938.261	3.046.609	3.123.847	3.242.465	3.404.341	100	16

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 CO₂ dos Combustíveis Fósseis, por setor – 1990/1994

Setor	Emissões de CO ₂						Taxa Cresc. 90/94
	1990	1991	1992	1993	1994		
	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	%	%
Setor Energético Amplo	22.914	22.704	24.886	25.119	25.602	11	12
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
Consumo Não Energético	5.482	5.438	5.423	5.614	6.204	2,7	13
Residencial	13.750	14.122	14.633	15.168	15.176	6,6	10
Comercial	2.046	1.899	1.952	1.526	1.557	0,67	-24
Público	502	520	499	878	1.962	0,85	291
Agropecuário	9.998	10.425	10.729	11.854	12.516	5,4	25
Transportes	82.020	86.052	86.760	89.989	94.324	41	15
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
Ferrovário	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
Industrial	61.260	67.412	68.289	71.587	74.066	32	21
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
Total	197.972	208.573	213.170	221.734	231.408	100	17

As emissões de CO₂ do Brasil, em 1994, foram de 231.408 Gg de CO₂. Essas emissões cresceram 17% no período de 1990 a 1994, 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 1994⁷. 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 CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂ 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 Energético⁸ (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

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

⁸ 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.

das emissões no período, respectivamente 25% e 291%, enquanto o Setor Comercial apresentou uma queda de 24% nas emissões.⁹

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 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.

⁹ 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.

Tabela 9 - Evolução da Participação de Combustíveis Fósseis

Setor	Fóssil/(Fóssil+Biomassa) (%)		Variação percentual
	1990	1994	1990/94
Setor Energético - Amplo	26,0	29,0	3,1
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
Residencial	37,7	44,2	6,5
Consumo Não Energético	95,1	95,1	0,1
Comercial	80,9	77,7	-3,2
Público	97,0	99,4	2,3
Agropecuário	59,6	68,5	8,9
Transportes	83,0	83,3	0,2
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
Industrial	49,9	51,4	1,5
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
Total	56,2	59,5	3,4

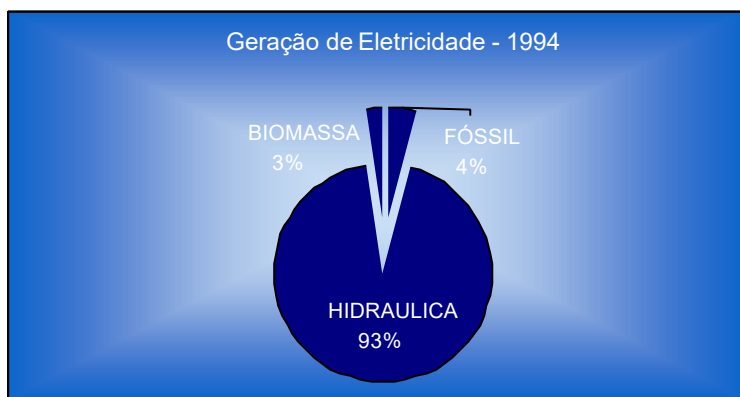
O consumo total referido não leva em consideração a Eletricidade gerada pelas centrais hidrelétricas¹⁰. A eliminação da geração hidrelétrica tem como objetivo eliminar a distorção provocada pela utilização de um fator de conversão de MWh para tep. No Balanço Energético Nacional, o fator de conversão utilizado para a hidreletricidade está baseado no princípio de equivalência na produção¹¹ e é de 0,29 tep/MWh. Na maioria dos países, o

¹⁰ Também não leva em consideração a energia eletrônica.

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

fator de conversão utilizado é o de 0,086 tep/MWh, calculado pelo princípio de equivalência no consumo térmico¹². A utilização do primeiro fator de conversão superestima e do 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

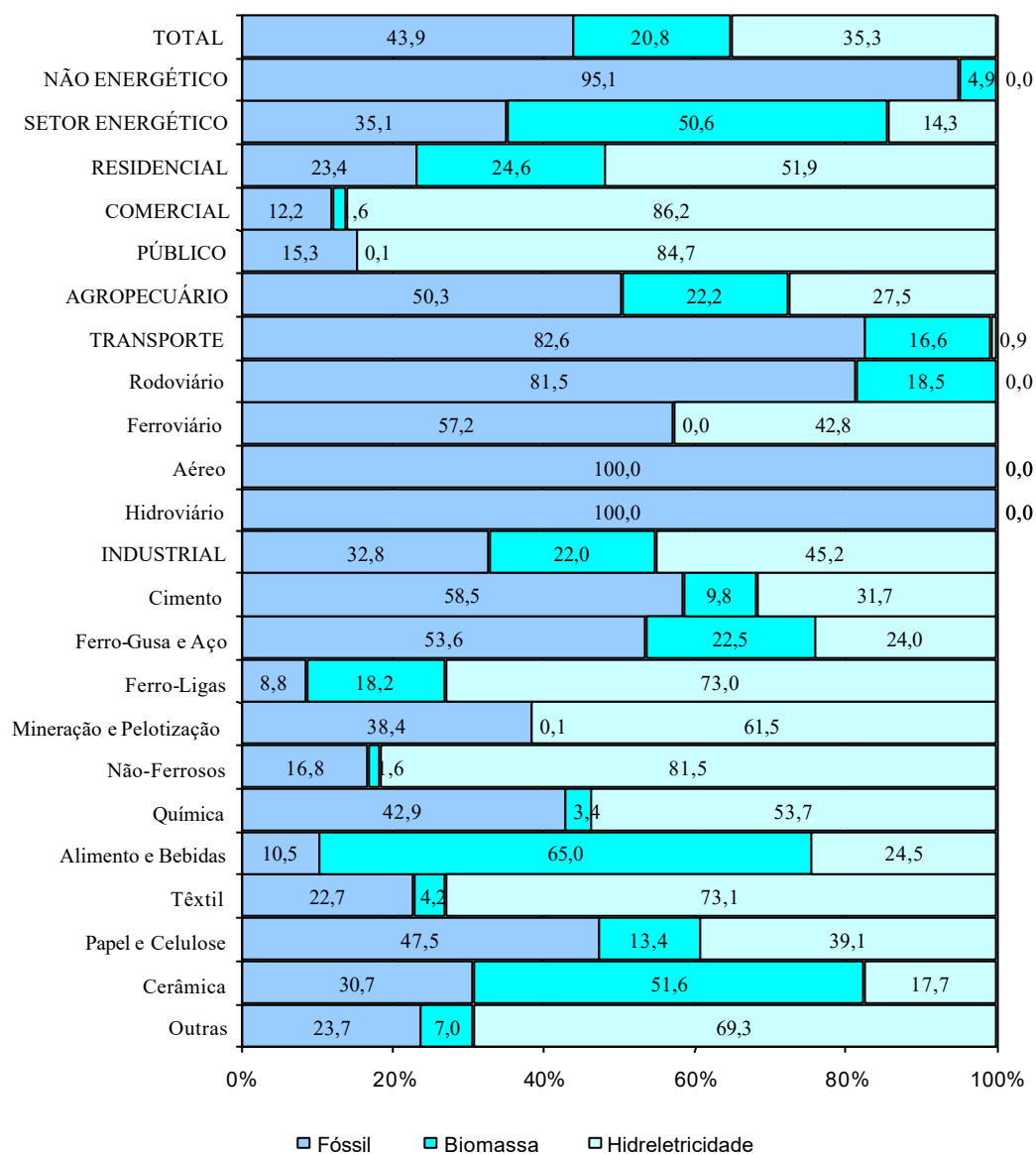
A Eletricidade, além de ser basicamente de origem hidráulica, é uma fonte de energia muito importante no consumo final de quase todos os setores no Brasil: Setor Comercial (86%), Setor Público (85%), Residencial (52%) e Industrial (45%). Chama-se a atenção para esse fato porque o universo referido neste trabalho não inclui nem a energia hidráulica nem a biomassa¹³, tornando os consumos finais de vários setores pouco representativos do consumo energético de fato desses setores.

¹² 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).

¹³ A biomassa será considerada nos cálculos das emissões dos outros gases de efeito estufa que não o CO₂.

A figura a seguir mostra o percentual do combustível fóssil, da biomassa e da hidreletricidade no total do consumo para cada setor em 1994¹⁴.

Figura 19 - Percentual dos combustíveis fósseis no consumo final – 1994



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

A seguir, será feita uma análise setorial das emissões de CO₂ 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 CO₂ no Brasil é o Óleo Diesel, consumido no modo de Transporte Rodoviário (24%), seguido do Coque de Carvão

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

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	%	%
Combustíveis Fósseis, por Subsetor							
Aéreo	82.262	86.085	80.973	85.484	87.717	6,7	6,6
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
Rodoviário	990.617	1.045.515	1.057.290	1.091.522	1.161.586	88	17
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
Ferroviário	21.951	21.951	22.595	22.939	17.183	1,3	-22
Óleo Diesel	21.736	21.865	22.595	22.939	17.183	1,3	-21
Carvão Vapor	215	86					-100
Hidroviário	45.448	43.687	45.663	51.806	46.994	3,6	3,4
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
Total Fóssil	1.140.278	1.197.238	1.206.521	1.251.750	1.313.481	100	15
Combustíveis Fósseis, por Combustível							
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
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		
Total Fóssil	1.140.278	1.197.238	1.206.521	1.251.750	1.313.481	100	15
Consumo de Biomassa							
Total Biomassa	232.739	243.005	236.605	249.749	264.097		
Fóssil/(Fóssil+Biomassa) (%)	83,0	83,1	83,6	83,4	83,3		

Tabela 11 - Emissões de CO₂ do Setor de Transportes

	Emissões de CO ₂					
	1990	1991	1992	1993	1994	
	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	%
Por Subsetor						
Aéreo	5.818	6.089	5.728	6.047	6.204	6,6
Gasolina	141	130	112	127	150	0,16
Querosene de Aviação	5.677	5.960	5.616	5.920	6.054	6,4
Rodoviário	71.150	75.052	75.923	78.338	83.302	88
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
Ferrovário	1.614	1.611	1.657	1.682	1.260	1,3
Óleo Diesel	1.594	1.603	1.657	1.682	1.260	1,3
Carvão Vapor	20	8				
Hidroviário	3.437	3.300	3.452	3.922	3.558	3,8
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
Total Fóssil	82.020	86.052	86.760	89.989	94.324	100
Por Combustível						
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
Total Fóssil	82.020	86.052	86.760	89.989	94.324	100

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 Ferrovário, 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 Ferrovário (-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 Álcool Etílico é o responsável pelos outros 17% do consumo.

Emissões de CO₂

Como se pode observar na Tabela 8, em 1994, o Setor de Transportes foi o setor que mais emitiu CO₂ (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 CO₂, 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 CO₂ 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.

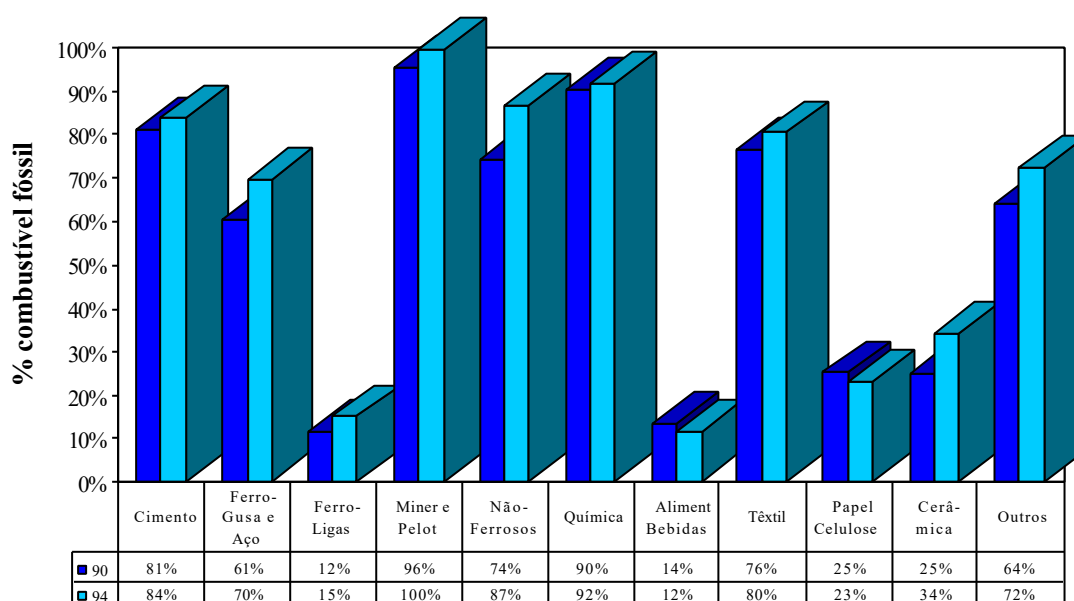
3.2 Setor Industrial

Consumo de Energia

O consumo de energia fóssil no Setor Industrial corresponde a 33% do consumo total¹⁵ 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.

¹⁵ 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
Total	707.321	767.559	782.952	820.572	849.273	100	20
Total Biomassa	710.845	679.616	700.428	730.004	803.266		13
Fóssil/(Fóssil+Biomassa) (%)	49,9	53,0	52,8	52,9	51,4		

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
Total	707.321	767.559	782.952	820.572	849.273	100	20

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 CO₂

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 CO₂ no Setor Industrial, agregados por tipo de combustível e por subsetor.

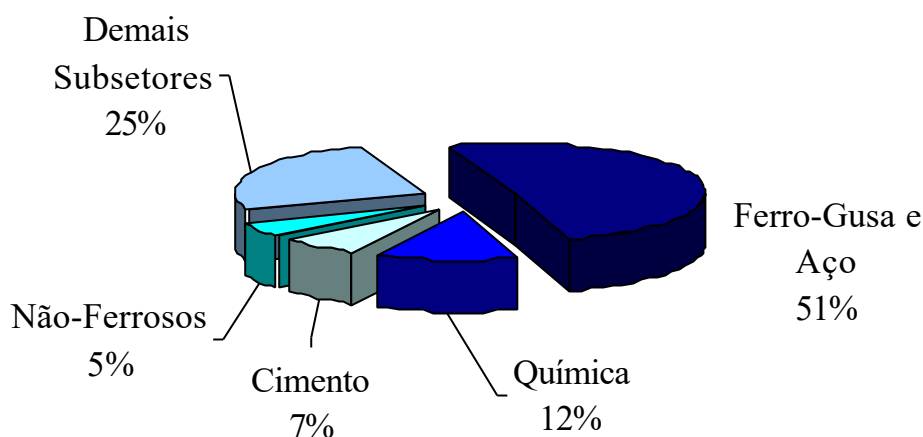
Tabela 14 - Emissões de CO₂ do Setor Industrial – por combustível

Combustível	Emissões de CO ₂					
	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
Total	61.260	67.412	68.289	71.587	74.066	100

Tabela 15 - Emissões de CO₂ do Setor Industrial - por subsetor

Setor	Emissões de CO ₂					
	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
Total	61.260	67.412	68.289	71.587	74.066	100

O Setor Industrial é o segundo setor que mais emitiu, com 74.066 Gg ou 32% das emissões de CO₂ 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 CO₂ do Setor Industrial. A figura abaixo mostra essa distribuição.

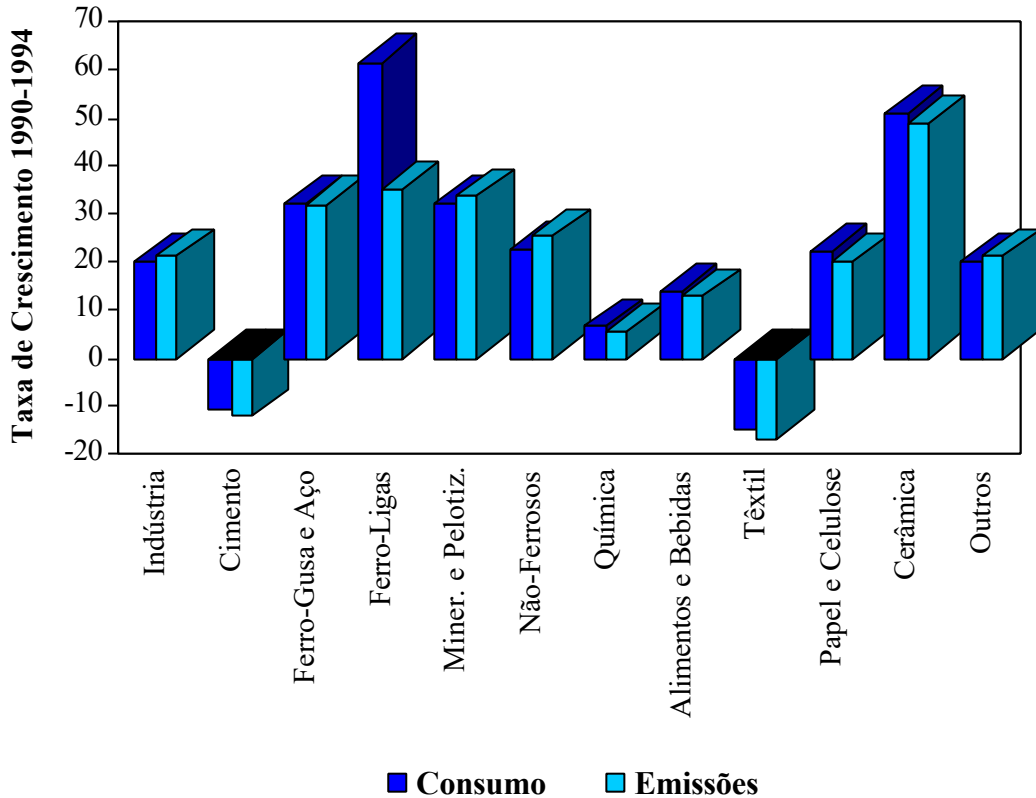
Figura 21 - Distribuição das emissões de CO₂ do Setor Industrial - 1994

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 CO₂ 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 CO₂ em quase todos os seus subsetores.

Tabela 16 - Estrutura das emissões de CO₂ no Setor Industrial, por subsetores e combustíveis – 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
Total dos Setores	6,7	51	0,38	4,3	5,2	12	4,9	1,8	4,0	3,4	6,4	100

3.3 Setor Energético Amplo

O Setor Energético “Amplô” 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 Carvoarias¹⁶. 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. Lembramos, 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.

¹⁶ As emissões de CO₂ 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	%	%
Combustíveis Fósseis							
Cent. Elétr. Serv. Púb.	70.824	80.885	89.992	78.728	86.368	25	22
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
Centr. Elét. Autoprodutoras	39.714	41.492	53.848	55.164	47.774	14	20
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
Cons. Setor Energético	192.443	175.862	184.573	199.949	206.838	61	7,5
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
Total Fóssil	302.982	298.238	328.413	333.841	340.980	100	13
Consumo de Biomassa							
Cent. Elétr. Serviço Público							
Cent. Elétr. Autoprodutoras	39.176	43.343	47.574	48.777	50.345		29
Carvoarias	542.112	475.443	436.482	459.420	465.134		-14
Consumo Setor Energético	282.826	317.320	299.837	288.711	317.578		12
Total Biomassa	864.114	836.106	783.893	796.908	833.057		-4
Fóssil/(Fóssil+Biomassa) (%)	26,0	26,3	29,5	29,5	29,0		

Tabela 18 - Emissões de CO₂ do Setor Energético Amplo

Combustível	Emissões de CO ₂					
	1990	1991	1992	1993	1994	
	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	%
Cent. Elét. Serviço Público	5.999	6.889	7.551	6.626	7.242	28
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
Cent. Elét. Autoprodutoras	3.076	3.231	4.146	4.263	3.607	14
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
Cons. Setor Energético	13.839	12.584	13.189	14.229	14.753	58
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
Total	22.914	22.704	24.886	25.119	25.602	100

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 CO₂

O Setor Energético Amplo é o terceiro setor que mais emite CO₂, com 11% das emissões brasileiras derivadas da queima de combustíveis fósseis. Sua taxa de crescimento de emissões de CO₂ 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 CO₂ 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 setor¹⁷, como foi visto na Figura 19.

¹⁷ Considerando que o total inclui biomassa e energia hidráulica.

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.

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
Total Fóssil	220.087	226.092	234.362	243.021	243.125	100	10
Total Biomassa	364.529	361.952	360.449	316.719	307.569		-16
Fóssil/(Fóssil+Biomassa) (%)	37,6	38,4	39,4	43,4	44,1		

Emissões de CO₂

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 CO₂ do Setor Residencial

Combustível	Emissões de CO ₂					
	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
Total	13.750	14.122	14.633	15.168	15.176	100

3.5 Setor Agropecuário

Consumo de Energia

O consumo de energia fóssil no Setor Agropecuário corresponde a 50% da energia total¹⁸ 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	
Total	136.301	142.143	146.267	161.603	170.581	100	25
Total Biomassa	92.485	89.951	81.875	79.856	78.611		-15
Fóssil/(Fóssil+Biomassa) (%)	59,6	61,2	64,1	66,9	68,5		

Emissões de CO₂

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.

¹⁸ Considerando que o total inclui biomassa e energia hidráulica.

Tabela 22 - Emissões de CO₂ do Setor Agropecuário

Combustível	Emissões de CO ₂					
	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
Total	9.998	10.425	10.729	11.854	12.516	100

3.6 Setor Comercial

Consumo de Energia

O consumo de energia fóssil do Setor Comercial é uma pequena parte (12%) do consumo energético do setor¹⁹, 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%).

¹⁹ 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
Total	29.990	27.788	28.620	21.686	21.940	100	-27
Total Biomassa	7.088	6.916	6.830	6.658	6.315		-11
Fóssil/(Fóssil+Biomassa) (%)	80,9	80,1	80,7	76,5	77,7		

Emissões de CO₂

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 CO₂ do Setor Comercial

Combustível	Emissões de CO ₂					
	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
Total	2.046	1.899	1.952	1.526	1.557	100

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 setor²⁰, 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	1991	1992	1993	1994		1990/94
	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	2191	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
Total	6.939	7.237	6.896	11.962	26.142	100	277
Total Biomassa	215	215	172	172	172		-20
Fóssil/(Fóssil+Biomassa) (%)	97,0	97,7	97,6	98,6	99,3		

²⁰ Considerando que o total inclui biomassa e energia hidráulica.

Emissões de CO₂

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 CO₂ do Setor Público

Combustível	Emissões					
	1990	1991	1992	1993	1994	
	Gg CO ₂	Gg CO ₂	Gg CO ₂	Gg CO ₂	Gg CO ₂	%
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
Total	502	520	499	878	1.962	100

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 CO₂. 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
Total	394.364	380.313	389.815	398.029	438.819	100	11
Total Biomassa	20.490	14.648	14.863	19.073	22.509		10
Fóssil/(Fóssil+Biomassa) (%)	95,1	96,3	96,3	95,4	95,1		

Emissões de CO₂

O Consumo Não Energético gerou 6.204 Gg de CO₂ ou 2,7% das emissões de CO₂ 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 CO₂ do Consumo Não Energético

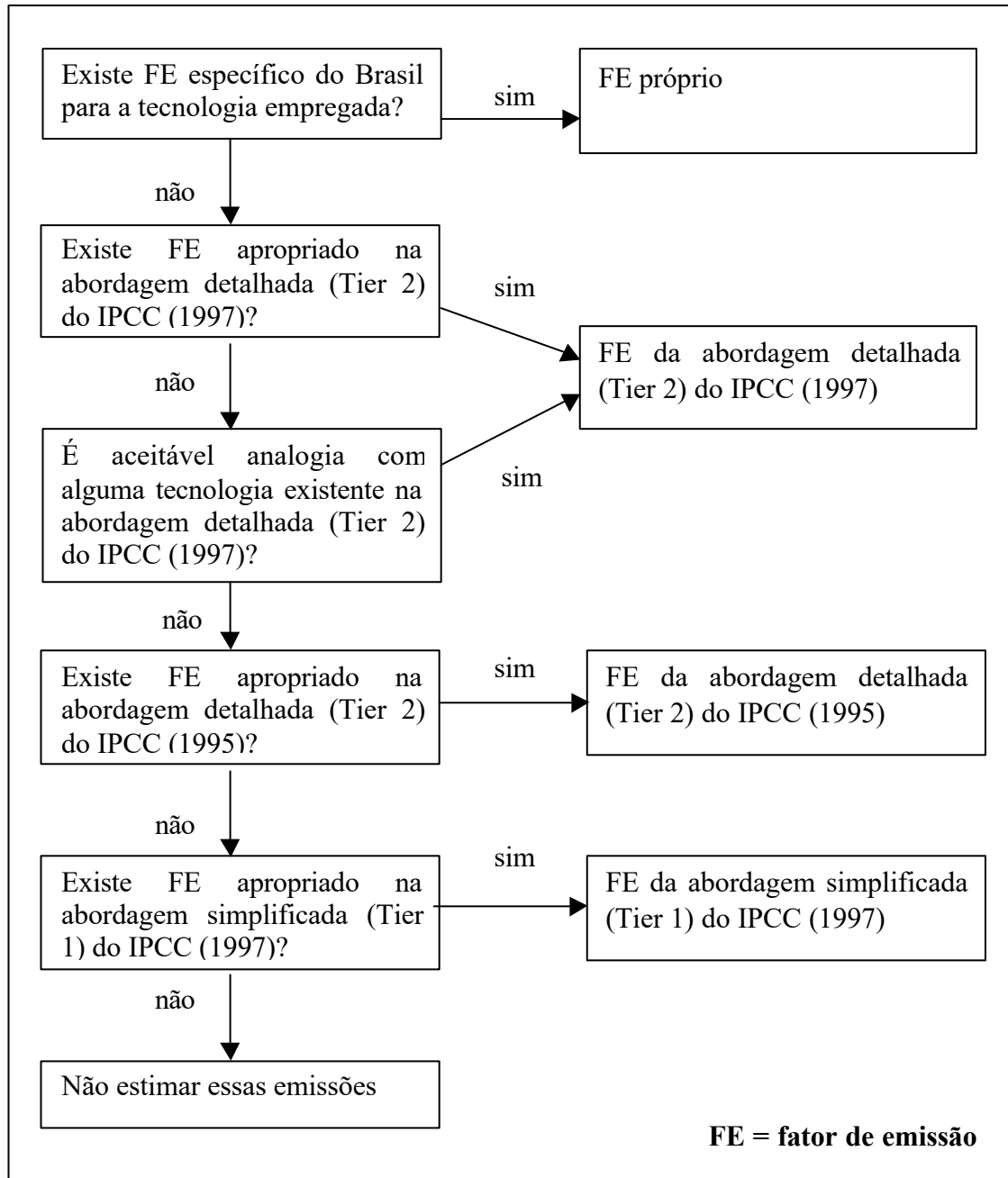
Combustível	Emissões de CO ₂					
	1990	1991	1992	1993	1994	
	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	%
Querosene Iluminante						
Nafta	2.982	2.903	3.166	3.270	3.693	60
Asfalto						
Lubrificantes	1.067	1.026	853	937	978	16
Out Prod Não Ene. Petr.						
Alcatrão	107	115	48	54	74	1,2
Gás Natural	1.327	1.394	1.356	1.353	1.460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

4 Emissões de Gases Não-CO₂

Os gases de efeito estufa inventariados juntamente com o CO₂ são: o monóxido de carbono (CO), o metano (CH₄), os óxidos de nitrogênio (NO_x), o óxido nitroso (N₂O) e os compostos orgânicos voláteis não metânicos (NMVOC). Esses gases serão tratados neste trabalho, de forma genérica, como gases “não-CO₂”.

Conforme explicitado no Anexo I, a aplicação da metodologia *bottom-up* para os gases não-CO₂ 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-CO₂.

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	%	%
Combustíveis Fósseis							
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
Total Fóssil	5.156	5.095	4.707	4.419	4.224	34	-18
Biomassa							
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
Total Biomassa	8.723	8.573	8.309	7.943	8.042	66	-7,8
TOTAL	13.880	13.668	13.016	12.362	12.266	100	-12

Tabela 30 - Emissões de CO, por setor

Setor	1990	1991	1992	1993	1994		1990/94
	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	%	%
Setor Energético Amplo	1.640	1.568	1.467	1.494	1.551	12,6	-5,4
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
Residencial	3.567	3.545	3.537	3.103	3.013	25	-16
Comercial	18	18	20	19	19	0,16	5,9
Público	1,1	1,1	1,0	1,1	1,4	0,01	29
Agropecuário	521	507	462	450	443	3,6	-15
Transportes	6.368	6.383	5.898	5.593	5.406	44	-15
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
Industrial	1.764	1.645	1.632	1.702	1.832	15	3,8
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
Minação 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
TOTAL	13.880	13.668	13.016	12.362	12.266	100	-12

Tabela 31 - Emissões de CO, por destinação

Destinação	1990	1991	1992	1993	1994		1990/1994
	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
TOTAL	13.880	13.668	13.016	12.362	12.266	100	-12

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 Etílico, 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 subsetor 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 Etílico 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 (CH₄)

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 (CH₄) 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 CH₄, por combustível

	1990	1991	1992	1993	1994		1990/94
	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	%	%
Combustíveis Fósseis							
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
Total Fóssil	12	12	12	12	12	4,0	-1,1
Biomassa							
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
Total Biomassa	320	294	278	278	281	96	-12
TOTAL	332	306	290	290	293	100	-12

Tabela 33 - Emissões de CH₄, por setor

Setor	1990	1991	1992	1993	1994		1990/94
	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	%	%
Setor Energético Amplo	172	153	141	148	150	51	-13
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
Residencial	77	76	76	67	65	22	-16
Comercial	1,7	1,6	1,6	1,5	1,5	0,50	-12
Público	0,07	0,07	0,06	0,06	0,10	0,03	48
Agropecuário	13	13	12	11	11	3,9	-11
Transportes	10	11	10	10	10	3,4	-5,8
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
Industrial	58	52	50	53	55	19	-4,5
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
TOTAL	332	306	290	290	293	100	-12

Tabela 34 - Emissões de CH₄, 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
TOTAL	332	306	290	290	293	100	-12

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 CH₄, 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 CH₄ 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_x)

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_x 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_x, por combustível

	1990	1991	1992	1993	1994		1990/94
	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	%	%
Combustíveis Fósseis							
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
Total Fóssil	1.199	1.246	1.277	1.313	1.347	84	12
Biomassa							
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
Total Biomassa	248	253	247	245	255	16	2,5
TOTAL	1.448	1.500	1.524	1.559	1.601	100	11

Tabela 36 - Emissões de NO_x, por setor

Setor	1990	1991	1992	1993	1994		1990/94
	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	%	%
Setor Energético Amplo	215	219	236	231	235	15	9,2
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
Residencial	54	54	54	49	48	3,0	-11
Comercial	4,0	3,8	3,8	3,7	3,9	0,24	-3,5
Público	1,0	0,94	0,91	1,7	4,0	0,25	316
Agropecuário	8,5	8,3	7,8	7,7	7,9	0,49	-7,0
Transportes	869	908	912	938	956	60	10
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
Industrial	297	306	310	328	347	22	17
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
TOTAL	1.448	1.500	1.524	1.559	1.601	100	11

Tabela 37 - Emissões de NO_x, 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
TOTAL	1.448	1.500	1.524	1.559	1.601	100	11

No ano de 1994, o Brasil emitiu 1.601Gg de NO_x, 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-CO₂ analisados até então (CO e CH₄), são os combustíveis fósseis as principais fontes emissoras de NO_x, 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_x 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_x (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_x, 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 (N₂O)

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 Rodoviário²¹;

Apresentam-se, a seguir, os resultados encontrados para as emissões de N₂O 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.

²¹ Para o Álcool Etílico foi utilizado o fator de emissão da gasolina.

Tabela 38 - Emissões de N₂O, por combustível

	1990	1991	1992	1993	1994		1990/94
	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	%	%
Combustíveis Fósseis							
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
Total Fóssil	1,8	2,0	2,0	2,2	2,4	27	30
Biomassa							
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
Total Biomassa	6,1	6,1	6,0	5,9	6,3	73	4,4
TOTAL	7,9	8,1	8,1	8,1	8,7	100	10

Tabela 39 - Emissões de N₂O, por setor

Setor	1990	1991	1992	1993	1994		1990/94
	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	%	%
Setor Energético Amplo	1,4	1,5	1,5	1,4	1,5	18	12
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
Residencial	1,4	1,4	1,4	1,2	1,2	14	-15
Comercial	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,28	-13
Público	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,12	209
Agropecuário	0,46	0,46	0,42	0,43	0,43	4,9	-7,9
Transportes	1,4	1,6	1,5	1,7	1,9	22	35
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
Industrial	3,2	3,2	3,2	3,3	3,6	42	12
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
Mineração 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
TOTAL	7,9	8,1	8,1	8,1	8,7	100	10

Tabela 40 - Emissões de N₂O, 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
TOTAL	7,9	8,1	8,1	8,1	8,7	100	10

No ano de 1994, o Brasil emitiu 8,7 Gg de N₂O, 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 N₂O, 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 N₂O 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 N₂O (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 N₂O 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 N₂O 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 deve resultar 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	%	%
Combustíveis Fósseis							
Gasolina	375	370	336	308	287	25	-23
Querosene de Aviação	4,0	4,2	4,0	4,2	4,3	0,37	6,6
Querosene Iluminante	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,00	-36
Óleo Diesel	141	147	150	153	159	14	12
Óleo Combustível	8,4	7,8	8,3	9,7	9,0	0,77	7,8
GLP	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	0,11	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	0,08	-8,2
Carvão Metalúrgico	0,00	0,00	0,00	0,15	0,22	0,02	
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	0,39	31
Gás Natural	0,45	0,45	0,50	0,57	0,58	0,05	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	0,02	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
Total Fóssil	536	537	506	483	468	40	-13
Biomassa							
Lenha	598	555	526	513	511	44	-14
Carvão Vegetal	26	23	21	22	22	1,9	-13
Bagaço	25	26	28	27	32	2,7	29
Resíduos Vegetais	1,2	1,3	1,5	1,5	1,3	0,11	4,3
Lixívia	0,28	0,31	0,37	0,42	0,46	0,04	66
Álcool Etílico	130	139	131	132	135	12	3,9
Total Biomassa	779	744	707	696	702	60	-10
TOTAL	1.315	1.281	1.213	1.180	1.169	100	-11

Tabela 42 - Emissões de NMVOC, por setor

Setor	1990	1991	1992	1993	1994		1990/94
	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	%	%
Setor Energético Amplo	342	304	280	294	298	26	-13
Cent. Elét. Serviço Público	0,35	0,40	0,45	0,39	0,43	0,04	22
Cent. Elét. Autoprodutoras	1,7	1,8	2,0	2,1	2,0	0,17	13
Carvoarias	325	285	262	276	279	24	-14
Consumo Setor Energético	15	17	16	15	17	1,4	12
Residencial	206	205	206	180	175	15	-15
Comercial	3,3	3,1	3,0	2,9	2,7	0,23	-19
Público	0,10	0,10	0,07	0,10	0,17	0,01	71
Agropecuário	56	54	50	49	48	4,1	-14
Transportes	655	665	626	604	591	50	-9,9
Aéreo	4,6	4,8	4,5	4,7	4,9	0,42	6,6
Rodoviário	637	647	608	584	573	49	-10
Ferroviário	4,4	4,4	4,5	4,6	3,4	0,29	-21
Marítimo	9,1	8,7	9,1	10	9,4	0,80	3,4
Industrial	51	49	49	51	55	4,7	6,7
Cimento	2,2	2,0	1,5	1,5	1,7	0,14	-25
Ferro-Gusa e Aço	22	20	19	21	21	1,8	-3,3
Ferro-Ligas	1,5	2,1	1,8	2,2	1,9	0,16	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	0,08	-34
Química	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	0,11	-0,73
Alimentos e Bebidas	14	14	16	16	19	1,6	35
Têxtil	0,45	0,43	0,32	0,33	0,32	0,03	-29
Papel e Celulose	2,8	2,7	3,1	3,1	3,3	0,28	17
Cerâmica	3,6	3,5	3,2	3,4	3,5	0,30	-3,0
Outros	1,8	1,8	1,5	1,6	1,6	0,14	-11
TOTAL	1.315	1.281	1.213	1.180	1.169	100	-11

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	0,10	20
Caldeira	59	60	59	59	63	5,4	5,9
Aquecedor	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,00	11
Forno	598	554	526	515	514	44	-14
Secador	0,85	0,88	1,0	0,90	0,91	0,08	6,3
Iluminação	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,00	-36
Transporte	655	665	626	604	591	50	-10
TOTAL	1.315	1.281	1.213	1.180	1.169	100	-11

No ano de 1994, o Brasil emitiu 1.169 Gg de NMVOC, por queima de combustíveis. As emissões decresceram a uma taxa de 11% entre 1990 e 1994.

Observando a Tabela 41, nota-se que as emissões são bem distribuídas entre os combustíveis fósseis (40%) e as fontes da biomassa (60%) e que ambas retrocederam no período: fontes fósseis (-13%) e fontes da biomassa (-10%).

O principal combustível em termos de emissões de NMVOC em 1994 é a Lenha (44%) seguida da Gasolina (25%) e do Óleo Diesel (14%). Dentre eles, encontram-se tendências opostas no período: crescimento para o Óleo Diesel (12%) e redução para a Gasolina (-23%) e para a Lenha (-14%).

Em termos de emissões setoriais (Tabela 42), Transportes é o principal responsável pelas emissões de NMVOC (50%), com predominância do modo Rodoviário (49%), seguido do Setor Energético Amplo, com predominância das Carvoarias (24%), e do Residencial (15%). 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 (50%), seguidas das geradas por Forno (44%).

Cruzando as três variáveis - equipamento; combustível e setor - identifica-se que os veículos a Gasolina (25%), a Lenha consumida nas Carvoarias (24%), os Fornos a Lenha do Setor Residencial (15%), os veículos rodoviários a Óleo Diesel (13%) e os veículos rodoviários a Álcool Etílico (12%) 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)*.

ANEXO I

Adequação da Metodologia do IPCC para o Inventário das Emissões
de Gases de Efeito Estufa por Queima de Combustíveis

Abordagem *bottom-up*

Índice

	Página
Apresentação.....	1
1. Emissões de CO ₂ – Abordagem <i>bottom-up</i> – Parte I.....	2
1.1 Adequação dos dados disponíveis (BEN e SIBE).....	3
1.2 Determinação do consumo de combustíveis (Passo 1).....	8
1.3 Conversão para uma unidade comum de energia (Passo 2).....	10
1.4 Fatores de emissão de carbono (Passo 3).....	11
1.5 Determinação do carbono estocado (Passo 4).....	16
1.5.1 Quantidades de combustíveis para uso não energético.....	16
1.5.2 Fração de carbono estocada.....	17
1.5.3 Planilha auxiliar para cálculo do carbono estocado.....	17
1.6 Correção dos valores para considerar a combustão incompleta (Passo 5).....	18
1.7 Conversão do carbono oxidado em emissões de CO ₂ (Passo 6).....	20
2. Emissões de gases não-CO ₂ – Abordagem <i>bottom-up</i> – Parte II.....	21
2.1 Determinação do consumo.....	23
2.1.1 Coeficientes de destinação de uso final.....	23
2.1.2 Coeficientes de destinação de tecnologia.....	25
2.2 Fatores de emissão das tecnologias.....	26
2.2.1 Setor Energético.....	28
2.2.2 Setores Comercial e Público.....	31
2.2.3 Setor Residencial.....	36
2.2.4 Setor Agropecuário.....	37
2.2.5 Geração termelétrica.....	41
2.2.6 Produção de Carvão Vegetal.....	43
2.2.7 Setor Industrial.....	45
2.2.8 Setor de Transportes.....	53
Apêndice: Distribuição por tipo de uso para cada combustível e setor.....	57

Lista de Tabelas

	Página
TABELA 1 – Equivalência entre os setores de atividade do IPCC e os utilizados para os cálculos (MCT- Cálculo).....	4
TABELA 2 – Equivalência entre os combustíveis do IPCC e do MCT – Cálculo.....	6
TABELA 3 – Fatores de conversão (TJ/1000 tep).....	11
TABELA 4 – Fatores de Emissão (FE) de Carbono Empregados (tC/TJ).....	12
TABELA 5 – Frações de carbono estocado – (φ_b) – Brasil.....	17
TABELA 6 – Frações de carbono oxidado empregadas.....	20
TABELA 7 – Fatores de emissão de gases não-CO ₂ no Setor Energético.....	31
TABELA 8 – Fatores de emissão de gases não-CO ₂ nos Setores Comercial e Público.....	35
TABELA 9 – Fatores de emissão de gases não-CO ₂ no Setor Residencial.....	37
TABELA 10 – Fatores de emissão de gases não-CO ₂ no Setor Agropecuário.....	41
TABELA 11 – Fatores de emissão de gases não-CO ₂ na geração termelétrica.....	43
TABELA 12 – Fatores de Emissão de Gases não-CO ₂ nas Carvoarias.....	44
TABELA 13 – Fatores de emissão de gases não-CO ₂ no Setor Industrial.....	53
TABELA 14 – Fatores de emissão de gases não-CO ₂ no Setor de Transportes.....	56

Apresentação

Neste documento estão descritos os métodos utilizados para a elaboração dos cálculos das emissões de gases de efeito estufa – CO₂ e não-CO₂ (CO, CH₄, N₂O, NO_x e NMVOC) – por queima de combustíveis. A metodologia de referência é aquela do *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (IPCC, 1997)* adaptada às características particulares do setor energético brasileiro. Segundo as orientações do IPCC, as emissões do setor de produção e consumo de ENERGIA devem ser relatadas segundo a estrutura abaixo:

- **Combustão**

Emissões de CO₂

Reference approach (top-down) – Abordagem de referência

By main source categories (bottom-up) – Abordagem setorial

Emissões de não-CO₂

By main source categories (bottom-up) – Abordagem setorial

- **Fugitivas**

Emissões de metano do processo de extração e manipulação do Carvão Mineral

Emissões de metano do processo de extração de Petróleo e Gás Natural

Ozônio precursor e SO₂ do refino de petróleo

Neste relatório estão contabilizadas apenas as emissões de CO₂ (Parte I) e dos gases não-CO₂ (Parte II), por queima de combustíveis, utilizando-se a abordagem *bottom-up*. Nessa abordagem, as emissões são calculadas a partir da desagregação setorial do consumo final de energia.

1. Emissões de CO₂ – Abordagem *bottom-up* – Parte I

A inclusão das emissões de CO₂ (dióxido de carbono) na abordagem *bottom-up* foi feita na versão revisada do IPCC (1997). Na versão inicial do IPCC (1995), as emissões de CO₂ eram contabilizadas apenas na abordagem *top-down*.

A metodologia *bottom-up* do IPCC abrange os seguintes passos:

- 1) Determinação do consumo de combustíveis, por setor, nas suas unidades de medida originais.
- 2) Conversão para uma unidade de energia comum (terajoules (TJ)).
- 3) Multiplicação pelo fator de emissão de carbono.
- 4) Cálculo da quantidade de carbono estocada.
- 5) Correção dos valores para que seja considerada a queima incompleta do combustível.
- 6) Conversão da quantidade de carbono oxidado para emissões de CO₂.

Matematicamente, a emissão anual de CO₂ decorrente do consumo de combustíveis do setor energético pode ser determinada através da seguinte equação:

$$\Omega^{CO_2} = \sum_i \omega_i^{CO_2} \quad \text{Eq. 1}$$

onde,

Ω^{CO_2} = emissões anuais totais de CO₂ (Gg CO₂) do setor energético;

$\omega_i^{CO_2}$ = emissões anuais de CO₂ do setor *i*.

As emissões anuais de CO₂ do setor *i*, $\omega_i^{CO_2}$, são calculadas como:

$$\omega_i^{CO_2} = \sum_b (C_{bi} * FC_b * \varepsilon_b^{CO_2} * 10^{-3} - CS_{bi}) * \Lambda_b * 44/12 \quad \text{Eq. 2}$$

onde,

C_{bi} = consumo anual do combustível do tipo *b* utilizado pelo setor *i* (TJ);

FC_b = fator de conversão da unidade original (1000 tep) para terajoules (TJ);

$\varepsilon_b^{CO_2}$ = fator de emissão de carbono para o combustível do tipo *b* (tC/TJ);

CS_{bi} = quantidade anual de carbono do combustível *b*, utilizado no setor *i*, estocada em produtos não energéticos (t C);

Λ_b = fração de carbono do combustível do tipo b realmente oxidada na combustão;

44/12 = constante utilizada para converter a quantidade de carbono elementar liberada em massa de dióxido de carbono.

1.1 Adequação dos dados disponíveis (BEN e SIBE)

A determinação do consumo final dos combustíveis por setor exigiu a adequação da base de dados disponível. Foi necessária a adequação tanto dos combustíveis quanto dos setores de atividade. A principal fonte de dados utilizada para a determinação do consumo de combustíveis foi o Balanço Energético Nacional – BEN (BEN, 1998), complementado por informações do Sistema de Informações do Balanço Energético – SIBE e modificado por algumas hipóteses feitas no âmbito do próprio trabalho.

Os resultados dos cálculos das emissões estarão disponíveis de duas maneiras: no formato compatível com o BEN e no formato mais agregado, que consta das planilhas do IPCC.

a) Adequação dos setores

No quadro a seguir, os setores de atividades estão listados em duas colunas. Os setores definidos pelo IPCC são apresentados na coluna “IPCC” e os setores desagregados para a elaboração dos cálculos das emissões, na outra coluna, “MCT - Cálculo”.

Tabela 1 – Equivalência entre os setores de atividade do IPCC e os utilizados para os cálculos (MCT-Cálculo)

IPCC	MCT - Cálculo
<i>Energy Industries</i>	Centrais Elétricas do Serviço Público
	Centrais Elétricas Autoprodutoras
	Carvoarias
	Setor Energético
<i>Manufacturing Industries and Construction</i>	Não Energético
	Cimento
	Ferro-Gusa e Aço
	Ferro-Ligas
	Mineração e Pelotização
	Não Ferrosos e Outros da Metalurgia
	Química
	Alimento e Bebidas
	Têxtil
	Papel e Celulose
	Cerâmica
Outros	
<i>Transport</i>	Transportes
<i>Domestic Aviation</i>	Aéreo
<i>Road</i>	Rodoviário
<i>Rail</i>	Ferrovário
<i>National Navigation</i>	Hidroviário
<i>Pipeline Transport</i>	
<i>Commercial Institutional Sector</i>	Comercial
	Público
<i>Residential</i>	Residencial
<i>Agriculture Forestry Fishing</i>	Agropecuária
<i>Other</i>	Outros

Os setores listados na coluna “MCT-Cálculo” constam do BEN. Com relação às adaptações que foram feitas para adequar os dados disponíveis ao formato solicitado, cabem as seguintes observações:

Agregadas no setor *Energy Industries* estão, além da categoria do consumo final Setor Energético, 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. A metodologia do IPCC orienta a relatar o consumo das Centrais Elétricas Autoprodutoras no setor *Manufacturing Industries and Construction*, juntamente com o consumo da indústria onde essa energia é gerada como atividade secundária. Pelo fato de

não haver disponível a desagregação do consumo energético das Centrais Elétricas Autoprodutoras por categoria de indústria, optou-se por alocá-las no setor *Energy Industries* e não no setor *Manufacturing Industries and Construction*, como sugere o procedimento do IPCC.

Na categoria *Manufacturing Industries and Construction* foram agregados os consumos energético e não energético dos diferentes setores da indústria.

Para o Setor de Transportes, nos subsetores aéreo e hidroviário, a distinção entre transporte nacional e internacional é feita somente de forma indireta na linha referente à exportação, no SIBE. Na exportação, estão agregados tanto o combustível que é exportado como mercadoria quanto aquele que é fornecido às empresas de transporte aéreo para o transporte internacional, os chamados *international bunkers*.

Para o *Commercial/Institutional Sector* foram agregados os setores Comercial e Público. O setor *Agriculture Forestry and Fishing* corresponde à Agropecuária.

b) Adequação dos combustíveis.

No quadro a seguir, os combustíveis listados na coluna “IPCC” são os descritos no IPCC. Apenas os combustíveis presentes na coluna “MCT - Cálculo” é que foram considerados para a elaboração dos cálculos das emissões. As observações da última coluna correspondem a:

- A. Combustíveis que mantêm a mesma classificação do IPCC e que são obtidos diretamente no BEN: Gasolina, Óleo Diesel, Óleo Combustível, GLP, Nafta, Carvão Metalúrgico, Coque de Carvão Mineral, Gás Natural e Carvão Vegetal
- B. Combustíveis que foram adicionados à lista do IPCC e que também são obtidos diretamente no BEN: Carvão Vapor, Alcatrão, Lenha para Queima Direta, Lenha para Carvoejamento e Álcool Etílico.

Tabela 2 – Equivalência entre os combustíveis do IPCC e do MCT – Cálculo

IPCC	MCT – Cálculo	Observações
<i>Crude Oil</i>		C
<i>Orimulsion</i>		C
<i>Natural Gas Liquids</i>		C
<i>Gasoline</i>	Gasolina	A
<i>Jet Kerosene</i>	Querosene Aviação	D
<i>Other Kerosene</i>	Querosene Iluminante	D
<i>Shale Oil</i>		C
<i>Gas/Diesel Oil</i>	Óleo Diesel	A
<i>Residual Fuel Oil</i>	Óleo Combustível	A
<i>LPG</i>	GLP	A
<i>Ethane</i>		C
<i>Naphta</i>	Nafta	A
<i>Lubricants</i>	Lubrificantes	D
	Asfalto	D
	Out. Prod. Não energét. Petróleo	D
<i>Petroleum Coke</i>	Coque de Petróleo	D
<i>Refinery Gas</i>	Gás de Refinaria	D
	Out. Prod. Sec. de Petróleo	D
<i>Anthracite</i>		C
<i>Coking Coal</i>	Carvão Metalúrgico	A
	Carvão Vapor	B
<i>Other Bituminous Coal</i>		C
<i>Sub-Bituminous Coal</i>		C
<i>Lignite</i>		C
<i>Oil Shale</i>		C
<i>Peat</i>		C
<i>Patent Fuel</i>		C
<i>Brown Coal Briquettes</i>		C
	Alcatrão	B
<i>Coke Oven Coke</i>	Coque de Carvão Mineral	A
<i>Gas Coke</i>		C
<i>Gas Work Gas</i>		C
<i>Coke Oven Gas</i>	Gas de Coqueria	D
	Gas Canalizado	D
<i>Blast Furnace Gas</i>		C
<i>Natural Gas</i>	Gás Natural	A
<i>Municipal Solid Waste</i>		C
<i>Industrial Waste</i>		C
	Outras Primárias Fósseis	D
<i>Wood/Wood Waste</i>	Lenha para Queima Direta	B
	Lenha para Carvoejamento	B
<i>Charcoal</i>	Carvão Vegetal	A
<i>Other Solid Biomass</i>	Bagaço	D
	Resíduos Vegetais	D
<i>Liquid Biomass</i>	Lixívia	D
	Álcool Etílico	B
<i>Gaseous Biomass</i>		C

- C. Combustíveis da lista do IPCC e que não foram considerados, já que não constam nem do BEN nem do SIBE: *Crude Oil, Orimulsion, Natural Gas Liquids, Shale Oil, Ethane, Anthracite, Other Bituminous Coal, Sub-Bituminous Coal, Lignite, Oil Shale, Peat, Patent Fuel, Brown Coal Briquettes, Gas Coke, Gas Work Gas, Blast Furnace, Municipal Solid Waste, Industrial Waste e Gaseous Biomass.*
- D. Combustíveis obtidos no SIBE, a base de dados do BEN: Querosene de Aviação, Querosene Iluminante, Lubrificantes, Asfalto, Outros Produtos Não Energéticos de Petróleo, Coque de Petróleo, Gás de Refinaria, Outros Produtos Secundários de Petróleo, Gás de Coqueria, Gás Canalizado, Outras Primárias Fósseis, Bagaço, Resíduos Vegetais e Lixívia.

1.2 Determinação do consumo de combustíveis (Passo 1)

Como foi visto no item anterior, para alguns combustíveis o consumo pode ser obtido diretamente no BEN: **Gasolina, Óleo Diesel, Óleo Combustível, GLP, Nafta, Carvão Metalúrgico, Carvão Vapor, Alcatrão, Coque de Carvão Mineral, Gás Natural¹** e o **Carvão Vegetal**.

Para outros combustíveis, utilizou-se o SIBE, a base de dados do BEN, o qual apresenta os combustíveis num nível de desagregação maior. As relações entre os combustíveis, nos dois níveis de agregação, encontram-se no quadro a seguir:

Agregação BEN	Agregação Utilizada
Querosene	Querosene de Aviação Querosene Iluminante
Outros Não Energéticos de Petróleo	Asfalto Lubrificantes Outros Produtos Não Energéticos de Petróleo
Outras Secundárias de Petróleo	Coque de Petróleo Gás de Refinaria Outros Produtos Secundários de Petróleo (+metanol+MTBE)
Gás	Gás Canalizado Gás de Coqueria
Outras Primárias	Resíduos Vegetais Lixívia Outras Primárias Fósseis
Lenha	Queima Direta Carvoejamento
Álcool Etílico	Álcool Etílico (-metanol -MTBE)
Produtos da Cana	Bagaço

- “Querosene” foi desagregado em **Querosene de Aviação** e **Querosene Iluminante**.
- “Não Energéticos de Petróleo” foram desagregados em **Asfalto, Lubrificantes** e **Outros Produtos Não Energéticos de Petróleo**.
- “Outras Secundárias do Petróleo” foram desagregadas em **Coque de Petróleo, Gás de Refinaria** e **Outros Produtos Secundários do Petróleo**. Para o setor de transporte rodoviário, na categoria “Outros Produtos Secundários do Petróleo”, foram ainda adicionados o metanol e o MTBE, subtraídos ao álcool combustível.
- “Gás” foi desagregado em **Gás Canalizado** e **Gás de Coqueria**.

¹ O IPCC distingue entre líquidos de gás e gás natural seco. Essa distinção, entretanto, não é feita explicitamente no BEN. Considera-se que todo o gás natural que vai para o consumo final seja gás natural seco.

- “Outras Primárias” foram desagregadas em **Resíduos Vegetais**, **Lixívia** e **Outras Primárias Fósseis**.
 - A **Lixívia** é obtida a partir das “Outras Primárias”, no SIBE, exceto para as Centrais Elétricas Autoprodutoras, cujo consumo de Lixívia se obtém diretamente no BEN².
 - A categoria **Outras Primárias Fósseis** agrega 50% do consumo de Resíduos Vegetais da indústria de Cimento e 50% do item “Outras Recuperações”, do consumo das Centrais Elétricas Autoprodutoras, por causa das hipóteses apresentadas a seguir.
 - Os **Resíduos Vegetais** foram obtidos no SIBE a partir das “Outras Primárias”, exceto para os setores de Cimento e Centrais Elétricas Autoprodutoras. Para o Setor de Cimento foi feita a hipótese de que somente 50% de “Outras Primárias” são **Resíduos Vegetais**. Os outros 50% são na realidade materiais diversos, como pneus, e foram computados em **Outras Primárias Fósseis**. No caso das Centrais Elétricas Autoprodutoras, foi subtraída das “Outras Primárias” o consumo de Lixívia e, do que sobrou, a mesma hipótese foi feita: 50% para **Resíduos Vegetais** e 50% para **Outras Primárias Fósseis**.
- No BEN, pode-se obter o consumo final da Lenha, assim como a quantidade que é consumida nas carvoarias³, definida aqui como **Lenha para Carvoejamento**. O consumo final de Lenha é classificado como **Lenha para Queima Direta**.
- O **Bagaço** foi obtido a partir dos “Produtos da Cana”. O **Bagaço** corresponde a 100% do consumo final dos “Produtos da Cana”.
- Uma pequena parte do **Álcool Etílico** consumido no setor de transporte rodoviário era, durante um período, metanol importado e MTBE (metil-t-butil-eter) produzido no país, ambos derivados de petróleo. Como o BEN não faz essa distinção, considerando todo o álcool como Álcool Etílico, calculou-se o metanol e o MTBE do etanol, a partir de dados obtidos junto à Petrobras. O metanol e o MTBE foram subtraídos do consumo de Álcool Etílico do transporte rodoviário e somados ao consumo rodoviário dos **Outros Produtos Secundários de Petróleo**

² BEN 1998. Balanços de Centros de Transformação. Tabela 5.4 Centrais Elétricas Autoprodutoras. Pg.72

³ Na parte referente ao consumo intermediário.

1.3 Conversão para uma unidade comum de energia (Passo 2)

A conversão do consumo de cada combustível, medido na sua unidade original (1000 tep), para uma unidade comum de energia é efetuada multiplicando-se o consumo pelo poder calorífico inferior do combustível (PCI). A unidade comum de energia adotada pelo IPCC é o terajoule (TJ). O uso do PCI do combustível, ao invés do seu poder calorífico superior (PCS), é necessário, pois os fatores de emissão de carbono recomendados pelo IPCC, em quantidade de carbono por unidade de energia, são definidos com base na energia efetivamente aproveitável do combustível.

O BEN expressa as quantidades dos combustíveis em toneladas equivalentes de petróleo – tep. Um tep representa a energia contida em uma tonelada do petróleo médio consumido, sendo internacionalmente fixado no valor de 10.000 Mcal. No Brasil, o conteúdo energético de um tep, que é função do tipo de petróleo adotado como padrão, foi fixado em 10.800 Mcal ou $45,21744 \times 10^{-3}$ TJ, de acordo com o BEN. Os cálculos estão indicados abaixo:

$$1 \text{ tep standard} = 10.000 \text{ Mcal} = 41,868 \times 10^{-3} \text{ TJ}$$

$$1 \text{ tep brasileiro} = 10.800 \text{ Mcal} = 10.800/10.000 \times 41,868 \times 10^{-3} \text{ TJ}$$

$$1 \text{ tep brasileiro} = 45,21744 \times 10^{-3} \text{ TJ}$$

No entanto, é incorreto converter as quantidades expressas em tep diretamente para terajoules (TJ), pois, no BEN, o conteúdo energético dos combustíveis tem como base o PCS. Para contornar esse problema, a conversão dos valores do BEN para terajoules foi efetuada conforme recomendação do IPCC (1997), mediante a seguinte equação:

$$\text{Fator de conversão (tep com base em PCS} \rightarrow \text{TJ com base em PCI)} = 45,21744 \times 10^{-3} \times \text{fator de correção}$$

onde o fator de correção é igual a 0,95 para os combustíveis sólidos e líquidos e 0,90 para os combustíveis gasosos.

Deve ser ressaltado que esse é um procedimento aproximado, uma vez que a relação entre o PCI e o PCS de um dado combustível é fortemente dependente do seu conteúdo de água e de hidrogênio. Seria mais adequado empregar-se o verdadeiro PCI de cada combustível, caso ele se encontrasse disponível.

Na tabela a seguir, são listados os fatores de conversão utilizados nos cálculos das emissões brasileiras, fatores esses que levam em consideração o conteúdo energético do tep brasileiro e os fatores de correção para o PCI, como descrito acima.

Tabela 3 – Fatores de conversão (TJ/1000 tep)

MCT- Cálculo	FC
Gasolina	42,96
Querosene de Aviação	42,96
Querosene Iluminante	42,96
Óleo Diesel	42,96
Óleo Combustível	42,96
GLP	42,96
Nafta	42,96
Lubrificantes	42,96
Coque de Petróleo	42,96
Gás de Refinaria	42,96
Carvão Vapor	42,96
Carvão Metalúrgico	42,96
Alcatrão	42,96
Coque de Carvão Mineral	42,96
Gás de Coqueria	40,70
Gás Canalizado	40,70
Gás Natural	40,70
Asfalto	42,96
Outras Secundárias Petróleo	42,96
Outros Não Energéticos de Petróleo	42,96
Outras Primárias Fósseis	42,96
Lenha para Queima Direta	42,96
Lenha para Carvoejamento	42,96
Carvão Vegetal	42,96
Resíduos Vegetais	42,96
Bagaço	42,96
Álcool Etílico	42,96
Lixívia	42,96

1.4 Fatores de emissão de carbono (Passo 3)

Os fatores de emissão de carbono representam a quantidade de carbono contida no combustível por unidade de energia. Os fatores de emissão de carbono utilizados neste trabalho estão listados na Tabela 4.

Tabela 4 – Fatores de Emissão (FE) de Carbono Empregados (tC/TJ)

MCT- Cálculo	FE
Gasolina (a)	18,9
Querosene de Aviação (a)	19,5
Querosene Iluminante (a)	19,6
Óleo Diesel (a)	20,2
Óleo Combustível (a)	21,1
GLP (a)	17,2
Nafta (a)	20
Lubrificantes(a)	20
Coque de Petróleo (a)	27,5
Gás de Refinaria (a)	18,2
Carvão Vapor (b)	25,8
Carvão Metalúrgico (a)	25,8
Alcatrão (b)	25,8
Coque de Carvão Mineral (a)	29,5
Gás de Coqueria (a)	29,5
Gás Canalizado (b)	15,3
Gás Natural (a)	15,3
Asfalto (a)	22
Outros Produtos Secundários do Petróleo (b)	20
Outros Produtos Não Energéticos do Petróleo (b)	20
Outras Primárias Fósseis (b)	20
Lenha para Queima Direta (a)	29,9
Lenha para Carvoejamento (c)	12,44
Carvão Vegetal (c)	32,16
Resíduos Vegetais (b)	29,9
Bagaço (b)	29,9
Álcool Etílico (c)	14,81
Lixívia (b)	20

A maior parte dos fatores apresentados na Tabela 4 é retirada do IPCC (1997) e está classificada com a letra (a). As exceções foram classificadas com a letra (b) – fatores que foram adaptados do IPCC – e com a letra (c) – fatores que foram calculados no âmbito deste trabalho.

Fator de emissão do tipo (b)

- Para os **Outros Produtos Não Energéticos do Petróleo e Outros Produtos Secundários do Petróleo** foi adotado o fator de emissão do *Other Oil*, definido no IPCC.

- Ao **Gás Canalizado** foi atribuído o fator de emissão do Gás Natural.
- Para o **Carvão Vapor**, uma vez que não há recomendação do IPCC, adotou-se o mesmo valor do fator de emissão do carvão betuminoso (*Other Bituminous Coal*).
- Para o **Alcatrão**, obtido como subproduto da transformação do carvão metalúrgico em coque, uma vez que não há recomendação do IPCC, adotou-se o mesmo fator de emissão do Carvão Metalúrgico (*Coking Coal*).
- É desconhecida a composição das fontes incluídas nas **Outras Primárias Fósseis**. Sendo assim, adotou-se o mesmo fator de emissão do petróleo (*Crude Oil*).
- Para os **Resíduos Vegetais** e o **Bagaço**, utilizam-se os fatores de emissão do *Other Solid Biomass*.
- Para a **Lixívia**, usa-se o fator de emissão do *Liquid Biomass*.

Fator de emissão do tipo (c):

- Para o **Álcool Etilico**, adotou-se o fator de emissão médio da frota nacional, calculado a partir dos dados obtidos na CETESB (1994), para o período 1990/1994.
- Para o **Carvão Vegetal**, considerou-se que a fração mássica de carbono desse combustível (em base seca) é igual a 0,87 (IPCC, 1995) e, portanto, o carbono emitido durante a sua combustão corresponde ao produto entre essa fração e a massa de carvão vegetal queimada ($m_{\text{carvão vegetal}} * 0,87$). Observando-se que 1 tonelada de carvão vegetal equivale a 0,63 tep (BEN,1996), tem-se que o carbono emitido por unidade de energia do Carvão Vegetal é igual a:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{\text{carvão vegetal}}^{CO_2} &= \frac{(0,87 \times m_{\text{carvão vegetal}})}{(m_{\text{carvão vegetal}} \times 0,63 \times 45,21744 \times 10^{-3} \times 0,95)} = \\ \varepsilon_{\text{carvão vegetal}}^{CO_2} &= 32,15(tC / TJ), \end{aligned} \quad \text{Eq. 3}$$

Onde

$\varepsilon_{\text{carvão vegetal}}^{CO_2}$ = fator de emissão do Carvão Vegetal; e

$m_{\text{carvão vegetal}}$ = massa de carvão vegetal.

- Para a **Lenha para Carvoejamento**, aquela consumida nas carvoarias durante o processo de carvoejamento (*Firewood to Charcoal Production*), utilizou-se o fator de emissão de 12,45 tC/TJ, cujo cálculo será descrito em seguida.
Nas carvoarias, há a transformação de lenha em carvão vegetal, com a conseqüente emissão de CO₂. A quantidade de carbono emitida é a diferença entre o carbono contido na Lenha para Carvoejamento e o carbono contido no Carvão Vegetal produzido.

$$\omega_{Carvoaria}^{CO_2} = V_{lenha} - V_{carvão\ vegetal} \quad \text{Eq. 4}$$

Onde

$\omega_{carvoaria}^{CO_2}$ = emissão de carbono da carvoaria (tC);

V_{lenha} = carbono total contido na lenha que vai para o carvoejamento (tC);

$V_{carvão\ vegetal}$ = carbono contido no Carvão Vegetal produzido (tC).

Considerando os valores de 0,5 e 0,87, respectivamente, para a fração mássica de carbono da Lenha e do Carvão Vegetal, em base seca (IPCC, 1995), definiu-se o carbono total contido na lenha como:

$$\begin{aligned} V_{lenha} &= 0,5 \cdot 0,75 \cdot m_{lenha} = \\ V_{lenha} &= 0,375 \cdot m_{lenha} \end{aligned} \quad \text{Eq. 5}$$

sendo 0,75 o fator que permite obter a massa da lenha em base seca, considerando-se 25% de umidade, e m_{lenha} , a massa da lenha.

Já o carbono contido no Carvão Vegetal, considerando 0,87 a sua fração mássica de carbono e sendo $m_{carvão\ vegetal}$ a massa do Carvão Vegetal, pode ser calculado como:

$$V_{carvão\ vegetal} = 0,87 \cdot m_{carvão\ vegetal} \quad \text{Eq. 6}$$

Substituindo-se as equações 5 e 6 na equação 4, tem-se:

$$\omega_{Carvoaria}^{CO_2} = 0,375 \cdot m_{lenha} - 0,87 \cdot m_{carvão\ vegetal} \quad \text{Eq. 7}$$

Para se obter as emissões da carvoaria, falta definir a relação entre a massa de lenha que entra na carvoaria e a massa de carvão vegetal resultante do processo de carvoejamento. Partiu-se da informação, contida no BEN, de que o conteúdo energético do carvão que sai da carvoaria é a metade do conteúdo energético da lenha que entra no sistema⁴. Sabe-se também que os PCS do Carvão Vegetal e da Lenha são, respectivamente, 6,8 Gcal/t (com 0% de umidade) e 3,3 Gcal/t (com 25% de umidade).

⁴ Energia com base no PCS

Então

Energia contida na massa de carvão vegetal = 0,5 x Energia contida na massa de lenha

Ou

$$6,8 \frac{\text{Gcal}}{\text{t}} \cdot m_{\text{carvão vegetal}} = 0,5 \cdot 3,3 \frac{\text{Gcal}}{\text{t}} m_{\text{lenha}} \quad \text{Eq. 8}$$

Donde

$$m_{\text{carvão vegetal}} = 0,243 \cdot m_{\text{lenha}} \quad \text{Eq. 9}$$

Aplicando o resultado da Equação 9 na Equação 7, tem-se:

$$\begin{aligned} \omega_{\text{Carvoaria}}^{\text{CO}_2} &= 0,375 \cdot m_{\text{lenha}} - 0,87 \cdot 0,243 \cdot m_{\text{lenha}} = \\ \omega_{\text{Carvoaria}}^{\text{CO}_2} &= 0,16359 \cdot m_{\text{lenha}} \end{aligned} \quad \text{Eq. 10}$$

Agora, o fator de emissão de CO₂ da lenha consumida na carvoaria ($\varepsilon_{\text{lenha}/\text{carv}}^{\text{CO}_2}$) pode ser definido como:

$$\varepsilon_{\text{lenha}/\text{carv}}^{\text{CO}_2} = \frac{\omega_{\text{Carvoaria}}^{\text{CO}_2}}{\text{Energia}_{\text{Carvoaria}}} \quad \text{Eq. 11}$$

Onde

$\omega_{\text{Carvoaria}}^{\text{CO}_2}$ = emissões devidas ao consumo da lenha na carvoaria (tC)

$\text{Energia}_{\text{Carvoaria}}$ = energia correspondente ao consumo de lenha na carvoaria (TJ).

Finalmente

$$\begin{aligned} \varepsilon_{\text{lenha}/\text{carv}}^{\text{CO}_2} &= \left(\frac{0,16359 \cdot m_{\text{lenha}}}{m_{\text{lenha}} \cdot 0,306 \cdot 45,21744 \cdot 10^{-3} \cdot 0,95} \right) = \\ \varepsilon_{\text{lenha}/\text{carv}}^{\text{CO}_2} &= 12,45 \text{ tC} / \text{TJ} \end{aligned} \quad \text{Eq. 12}$$

onde o valor de 0,306 é o fator de conversão de toneladas de Lenha para tep (BEN, pág. 121), o valor $45,21744 \times 10^{-3}$ é o fator de conversão de tep para TJ e o fator 0,95 corresponde à correção do PCS para PCI, para combustíveis sólidos.

1.5 Determinação do carbono estocado (Passo 4)

Nem todo combustível consumido destina-se ao uso energético. Parte dele vai para o consumo não energético, ou seja, o combustível não é consumido na geração de energia mas como matéria-prima, como lubrificante ou outros usos. É o caso da Nafta para a fabricação de plásticos, do Gás Natural para a indústria química, etc. Na metodologia do IPCC, esse carbono é denominado “estocado” (*stored carbon*), e deve ser subtraído do carbono contido no consumo final dos combustíveis, em cada setor. Trata-se de determinar o CS_{bi} da Eq. 2. Como, no BEN, os combustíveis consumidos para fins não energéticos estão todos reunidos na categoria de consumo não energético, é necessário identificar-se a quantidade de carbono do consumo não energético que não será emitido. Sendo assim, a determinação de CS_{bi} fica reduzida à determinação de CS_b . O carbono estocado CS_b é calculado segundo a equação abaixo:

$$CS_b = C_b^{\tilde{n}E} * FC_b * \varepsilon_b^{CO_2} * 10^{-3} * \varphi_b \quad \text{Eq. 13}$$

Onde,

CS_b = carbono estocado no combustível b (Gg C);

$C_b^{\tilde{n}E}$ = quantidade de combustível para uso não energético (tep);

FC_b = fator de conversão de tep para TJ (TJ/tep);

$\varepsilon_b^{CO_2}$ = fator de emissão de carbono (tC/TJ);

φ_b = fração de carbono estocada para o combustível b .

O cálculo do carbono estocado requer, portanto, a determinação das quantidades de combustíveis destinadas ao uso não energético e das frações destas quantidades que efetivamente se mantêm fixadas aos bens produzidos (*fraction of carbon stored*). É o que será visto a seguir.

1.5.1 Quantidades de combustíveis para uso não energético

Os combustíveis que apresentam Consumo Não Energético são: Gás Natural, Nafta, Querosene Iluminante, Álcool Etílico, Gás de Refinaria, Asfalto, Lubrificantes, Outros Produtos Não Energéticos do Petróleo e Alcatrão. Do Gás Natural, assume-se que todo o consumo não energético venha do gás natural seco. Dos outros combustíveis, há informações no SIBE ou diretamente no BEN, como no caso da Nafta e do Alcatrão.

1.5.2 Fração de carbono estocada

Para os combustíveis com uso não energético no Brasil, que têm recomendação do IPCC quanto à fração de carbono estocada, foram utilizados os valores sugeridos.

Para os que não têm recomendação do IPCC, Querosene Iluminante, Outros Produtos Não Energéticos de Petróleo e o Álcool Etílico, foi utilizado o valor unitário, o que significa dizer que foi estocada a totalidade desses combustíveis de uso não energético.

Os valores utilizados para a fração de combustível estocada são resumidos na tabela seguinte:

Tabela 5 – Frações de carbono estocado – (φ_b) – Brasil

Combustível de uso não energético	Fração C estocada
Querosene Iluminante	1
Nafta	0,8
Lubrificantes	0,5
Gás de Refinaria	1
Alcatrão	0,75
Gás Natural	0,33
Asfalto	1
Outros Produtos Não Energéticos de Petróleo	1
Álcool Etílico	1

1.5.3 Planilha auxiliar para cálculo do carbono estocado

A quantidade de carbono estocado por combustível (CS_b) é calculada na planilha auxiliar, conforme a Eq. 13, e relatada na planilha principal. Para o nível de agregação solicitado pelo IPCC na abordagem *bottom-up*, o carbono estocado é contabilizado no Setor Industrial. Para o nível de agregação compatível com o BEN, o carbono estocado é contabilizado no setor não energético.

Para o cálculo do carbono estocado na planilha auxiliar, são utilizadas as frações de carbono estocado conforme o item anterior. Essas frações referem-se somente ao Consumo Não Energético. Na planilha principal, há uma coluna para relatar uma fração de carbono estocado. Não se trata da mesma fração da planilha auxiliar. Nesta, a fração φ_b refere-se ao Consumo Não Energético e, na principal, a fração φ_b^* refere-se ao consumo total (energético mais não energético). A fração de carbono estocado da planilha auxiliar é a que foi anteriormente referenciada no Item 1.5.2, enquanto que a fração de carbono estocado da planilha principal é deduzida como descrito a seguir:

$$\varphi_b^* = \frac{CS_b}{C_{\text{conteúdo}}} = \frac{C_b^{\text{ñE}} * FC_b * \varepsilon_b^{\text{CO}_2} * 10^{-3} * \varphi_b}{C_b * FC_b * \varepsilon_b^{\text{CO}_2} * 10^{-3}} = \frac{C_b^{\text{ñE}}}{C_b} * \varphi_b \quad \text{Eq. 14}$$

Assim, a fração de carbono estocada na planilha principal não é um valor fixo, mas depende do percentual do combustível b que tem uso não energético, variando de ano para ano, portanto.

1.6 Correção dos valores para considerar a combustão incompleta (Passo 5)

A diferença entre o carbono contido no combustível consumido e aquele estocado em produtos não energéticos representa o carbono disponível para ser emitido na combustão. Porém, nem todo esse carbono será oxidado, uma vez que, na prática, a combustão nunca ocorre de forma completa, deixando inoxidada uma pequena quantidade de carbono, que se incorpora às cinzas ou a outros subprodutos.

Na metodologia do IPCC, esse fato é levado em consideração no cálculo das emissões reais, multiplicando-se o carbono disponível para a emissão pela fração de carbono oxidada na combustão.

A Tabela 6 apresenta os valores adotados neste trabalho para a fração de carbono oxidada na combustão.

Foram utilizados os valores recomendados pelo IPCC: 0,98 para carvões, 0,99 para o petróleo e seus derivados e 0,995 para o Gás Natural. Esses são os combustíveis que, na tabela, estão marcados com a letra (a).

Para os demais combustíveis fósseis, foram arbitrados os seguintes valores: 0,99 para os combustíveis líquidos, 0,98 para os combustíveis sólidos e 0,995 para os combustíveis gasosos. Esses combustíveis estão marcados com a letra (b).

Na versão de 1995, o *Workbook* do IPCC apresenta a Tabela I-5 com valores para a fração oxidada de biomassa (IPCC, 1995, v.2, pág.1.12). Os valores da Lenha (0,87), dos Resíduos Vegetais (0,88) e do Carvão Vegetal (0,88) foram utilizados nos cálculos de suas emissões de CO₂. Foi utilizado o mesmo fator dos Resíduos Vegetais (0,88) para o Bagaço e o mesmo dos combustíveis líquidos (0,99) para a biomassa líquida (Lixívia e Álcool Etílico). Esses combustíveis estão marcados com a letra (c).

No caso da lenha destinada ao carvoejamento, o processo de transformação produz uma série de subprodutos e rejeitos. O IPCC apenas indica os gases não CO₂ emitidos na

produção do carvão vegetal, sem se referir a subprodutos condensáveis. Como será visto no item 2.2.6 deste trabalho, nessa fase de produção são emitidos 2000 kg CO e 300 kg CH₄ por TJ de lenha. Assim:

$$\varepsilon_{lenha/carv}^{C-nãoCO_2} = \varepsilon_{lenha/carv}^{C-CO} + \varepsilon_{lenha/carv}^{C-CH_4} \quad \text{Eq. 15}$$

Onde

$\varepsilon_{lenha/carv}^{C-nãoCO_2}$ = Emissões de carbono que não CO₂, devidas apenas às emissões de CO e CH₄ (tC/TJ).

Mas

$$\varepsilon_{lenha/carv}^{C-CO} = 2000 \cdot \frac{12}{28} \cdot 10^{-3} \quad \text{Eq. 16}$$

$$\varepsilon_{lenha/carv}^{C-CH_4} = 300 \cdot \frac{12}{16} \cdot 10^{-3} \quad \text{Eq. 17}$$

Então

$$\begin{aligned} \varepsilon_{lenha/carv}^{C-nãoCO_2} &= 0,86 + 0,22 \\ \varepsilon_{lenha/carv}^{C-nãoCO_2} &= 1,1 \end{aligned} \quad \text{Eq. 18}$$

A fração de oxidação será:

$$\text{fração de oxidação}_{lenha/carv} = \frac{12,45 - 1,1}{12,45} = 0,91 \quad \text{Eq. 19}$$

Essa fração de oxidação, calculada no âmbito deste trabalho, está marcada com a letra (d).

Tabela 6 – Frações de carbono oxidado empregadas

Combustível	Fração Oxidação
Gasolina (a)	0,99
Querosene de Aviação (a)	0,99
Querosene Iluminante (a)	0,99
Óleo Diesel (a)	0,99
Óleo Combustível (a)	0,99
GLP (a)	0,99
Nafta (a)	0,99
Lubrificantes (a)	0,99
Coque de Petróleo (a)	0,98
Gás de Refinaria (b)	0,995
Carvão Vapor (a)	0,98
Carvão Metalúrgico (a)	0,98
Alcatrão (a)	0,98
Coque de Carvão Mineral (b)	0,98
Gás de Coqueria (b)	0,995
Gás Canalizado (b)	0,995
Gás Natural (a)	0,995
Asfalto (b)	0,98
Outras Secundárias Petróleo (a)	0,99
Outros Não Energéticos de Petróleo (a)	0,99
Outras Primárias Fósseis (b)	0,98
Lenha para Queima Direta (c)	0,87
Lenha para Carvoejamento (d)	0,91
Carvão Vegetal (c)	0,88
Resíduos Vegetais (c)	0,88
Bagaço (c)	0,88
Álcool Etílico (c)	0,99
Lixívia (c)	0,99

1.7 Conversão do carbono oxidado em emissões de CO₂ (Passo 6)

Os cálculos até aqui descritos permitem calcular as emissões em termos da quantidade de carbono liberada na queima do combustível. A sua conversão para emissões de CO₂ é facilmente obtida, multiplicando-se as emissões em termos de carbono pela razão entre os pesos moleculares do CO₂ e do carbono, isto é 44/12.

2. Emissões de gases não-CO₂ – Abordagem *bottom-up* – Parte II

No IPCC, estão relacionados dois métodos (o simplificado e o detalhado) para o cálculo das emissões de gases não-CO₂, a saber, CH₄ (metano), N₂O (óxido nitroso), NO_x, (óxidos de nitrogênio), CO (monóxido de carbono) e NMVOC (compostos orgânicos voláteis não metânicos).

As emissões dos gases não-CO₂ não dependem somente do tipo de combustível utilizado, mas também da tecnologia de combustão, das condições de operação, das condições de manutenção do equipamento, da sua idade, etc. Sendo assim, o cálculo das emissões de gases não-CO₂ exige dados muito mais desagregados e metodologia detalhada. No entanto, como essas informações nem sempre existem, foi desenvolvido um método simplificado para avaliar tais emissões, a partir somente de informações sobre consumo de energia, por setor. Essa metodologia simplificada foi utilizada somente no caso do Setor de Transportes e será descrita no tópico correspondente ao setor. Para os outros setores, foi utilizado o método detalhado para cálculo das emissões de gases não-CO₂.

Não foi realizado o cálculo das emissões de gases não-CO₂ relativas ao consumo de combustíveis para fins não energéticos.

As emissões totais de cada gás não-CO₂, pelas fontes estacionárias do setor energético, podem ser estimadas como:

$$\Omega^{n-CO_2} = \sum_i \omega_i^{n-CO_2} \quad \text{Eq. 15}$$

Onde

Ω^{n-CO_2} = emissões anuais totais de gases não-CO₂ do setor energético (kg);

$\omega_i^{n-CO_2}$ = emissões anuais de gases não-CO₂ do setor ou subsetor *i*.

As emissões de gases não-CO₂ de cada setor ou subsetor dependem, como foi afirmado, do tipo de combustível consumido, dos equipamentos de uso final, das condições de utilização, enfim, de uma série de fatores. Tecnologias diferentes, consumindo a mesma quantidade de um mesmo tipo de combustível para satisfazer o mesmo uso final, podem produzir diferentes emissões de gases não-CO₂. Desse modo, as emissões variam de acordo com as especificações dos equipamentos de consumo, que vão desde parâmetros técnicos, como, por exemplo, a taxa de admissão de ar na combustão de uma caldeira, o desenho da câmara de combustão, o tipo de queimador, até variáveis como a idade do equipamento, a sua manutenção e operação.

Com base nessas considerações, as emissões de cada gás não-CO₂ podem ser expressas como:

$$\omega_i^{n-CO_2} = \sum_b \sum_j \varepsilon_{bij}^{n-CO_2} * C_{bij} \quad \text{Eq. 16}$$

Onde

C_{bij} = consumo anual real do combustível do tipo b utilizado pelo setor ou atividade i , para a destinação ou uso final j (TJ);

$\varepsilon_{bij}^{n-CO_2}$ = fator de emissão do gás não-CO₂, por unidade de energia contida no combustível do tipo b , utilizado pelo setor ou atividade i , para a destinação ou uso final j (t/TJ).

Pode-se determinar o consumo de um dado combustível b , consumido pelo setor i , para atender a destinação ou no uso final j , como

$$C_{bij} = C_{bi} * f_{bij} \quad \text{Eq. 17}$$

Onde

C_{bi} = consumo do combustível b no setor i ;

f_{bij} = coeficiente de destinação de uso final do combustível do tipo b , utilizado no setor ou atividade i , para a destinação ou uso final j .

Assim, pode-se reescrever a equação 21 como

$$\omega_i^{n-CO_2} = \sum_b \sum_j \varepsilon_{bij}^{n-CO_2} * C_{bi} * f_{bij} \quad \text{Eq. 18}$$

Definindo-se

$$\omega_{bij}^{n-CO_2} = \varepsilon_{bij}^{n-CO_2} * C_{bi} * f_{bij} \quad \text{Eq. 19}$$

pode-se associar o termo $\omega_{bij}^{n-CO_2}$ às emissões de gases não-CO₂, derivadas do consumo do combustível b , para atender a destinação ou uso final j no setor ou atividade i .

A Eq. 19 pode ser reescrita de uma forma ainda mais detalhada, para que as tecnologias de consumo também sejam consideradas:

$$\omega_i^{n-CO_2} = \sum_b \sum_j \sum_k \varepsilon_{bjk}^{n-CO_2} * C_{bi} * f_{bij} * g_{ijk} \quad \text{Eq. 20}$$

Onde

$\varepsilon_{bjk}^{n-CO_2}$ = fator de emissão do gás não-CO₂, por unidade de energia contida no combustível do tipo b , utilizado pelo setor ou atividade i , para a destinação ou uso final j , através da tecnologia k (t/TJ);

g_{ijk} = coeficiente de destinação de tecnologia, que representa a fração, no setor i , para destinação ou uso final j , que é atendida pela tecnologia k .

Definido-se

$$\omega_{bjk}^{n-CO_2} = \varepsilon_{bjk}^{n-CO_2} * C_{bi} * f_{bij} * g_{jk} \quad \text{Eq. 21}$$

pode-se associar o termo $\omega_{bjk}^{n-CO_2}$ às emissões de gases não-CO₂, derivadas do consumo do combustível b , no setor ou atividade i , para a destinação ou uso final j , através da tecnologia k .

O emprego da metodologia *bottom-up* do IPCC para o cálculo das emissões de gases não-CO₂, portanto, abrange os seguintes passos:

1. Determinação do consumo real dos combustíveis, nas suas unidades de medida originais;
2. Determinação da destinação ou uso final dos combustíveis em cada setor (ou subsetor) analisado;
3. Determinação da tecnologia empregada no atendimento de cada destinação ou uso final de cada setor (ou subsetor);
4. Conversão do consumo real por destinação e por tecnologia para uma unidade de energia comum (TJ);
5. Multiplicação pelo fator de emissão específico para o gás não-CO₂ emitido pelo combustível, quando consumido na tecnologia empregada, no atendimento à destinação específica.

As emissões totais do país são dadas pelo somatório das emissões de cada subsetor (ou setor).

2.1 Determinação do consumo

2.1.1 Coeficientes de destinação de uso final

Para a determinação dos coeficientes de destinação de uso final dos energéticos em cada setor (ou subsetor), utilizou-se o Balanço de Energia Útil (BEU, 1995), assumindo-se que

os coeficientes de destinação ali expressos, baseados em dados de consumo do ano de 1993, sejam aplicáveis para os anos aqui inventariados. Assume-se, ainda, que os coeficientes sejam válidos para todo o período do inventário, o que equivale a afirmar que não houve mudança estrutural na destinação dos energéticos para os anos inventariados. É provável que isso não corresponda à realidade.

As destinações listadas no BEU são: Força Motriz (FM), Calor de Processo (CP), Aquecimento Direto (AD), Iluminação (I), Eletroquímica (E) e Outros (O).

A planilha com as destinações dos combustíveis por setor encontra-se no Apêndice. A maior parte delas foi obtida diretamente do BEU, com o mesmo nível de agregação setorial deste relatório, ou seja, com o nível de agregação do BEN. As exceções foram feitas para os seguintes ramos da indústria:

- Setor de Mineração e Pelotização: Como, no BEU, o setor de mineração está separado do setor de Pelotização, é preciso agregá-los para se calcular os coeficientes de destinação dos combustíveis utilizados no setor, como uma média ponderada.

$$CD_{b,d}^{MIN+PEL} = \frac{CF_b^{MIN} * CD_{b,d}^{MIN} + CF_b^{PEL} * CD_{b,d}^{PEL}}{CF_b^{MIN} + CF_b^{PEL}} \quad \text{Eq. 22}$$

Onde

$CD_{b,d}^{MIN+PEL}$ = coeficiente de destinação do combustível b na destinação d do setor de mineração e pelotização;

$CD_{b,d}^{MIN}$ = coeficiente de destinação do combustível b na destinação d do setor de mineração;

CF_b^{MIN} = consumo final (1000 tep) do combustível b no setor de mineração.

Sendo, $CD_{b,d}^{PEL}$ e CF_b^{PEL} os análogos para o setor de pelotização.⁵

- Setor de Não-Ferrosos e Outros da Metalurgia: como o BEU distingue a indústria de metais não-ferrosos da indústria de alumínio, é preciso agregá-las para calcular os coeficientes de destinação dos combustíveis utilizados no setor,

⁵ Para o Carvão Vapor, nos anos de 1992 e 1991, e para o Coque de Petróleo, no ano de 1994, foram calculadas as distribuições por destinação segundo uma média ponderada, utilizando-se o peso relativo de cada um dos subsetores em 1993, por ausência de consumo dos combustíveis em questão no ano de referência.

como foi feito no item anterior.

- Setor de Alimentos e Bebidas: Como o BEU distingue a indústria de alimentos e bebidas da indústria de açúcar, é preciso agregá-las para calcular os coeficientes de destinação dos combustíveis utilizados no setor, como foi feito nos itens anteriores.
- Finalmente, os coeficientes de destinação da fonte “Outras Secundárias de Petróleo” foram utilizados para o Gás de Refinaria, o Coque de Petróleo e os Outros Produtos Secundários de Petróleo. Do mesmo modo, os coeficientes das destinações da fonte “Outras Fontes Primárias” foram utilizados para a Lixívia, os Resíduos Vegetais e Outras Primárias Fósseis; os do “Gás”, para o Gás de Coqueria e o Gás Canalizado; e os dos “Produtos da Cana”, para o Bagaço.

2.1.2 Coeficientes de destinação de tecnologia

A determinação das emissões de gases não-CO₂ das tecnologias de consumo, por setor inventariado, divide-se em duas partes:

- Identificação do tipo de tecnologia empregado na destinação do setor:
 - na destinação Calor de Processo, pode tratar-se de caldeiras ou aquecedores e
 - na destinação Aquecimento Direto, de fornos ou secadores.
- Identificação do equipamento a partir do qual se obtém o fator de emissão da tecnologia: por exemplo, caldeira de médio porte ou caldeira de grande porte; motor a diesel com potência acima de 600hp, etc.

Para a determinação das tecnologias empregadas em cada uso final e em cada setor, utilizou-se como referência básica o Balanço de Energia Útil (BEU, 1995). O BEU, além de contemplar as destinações dos energéticos nos setores, contém os resultados de uma pesquisa de campo aplicada aos setores de consumo de energia, visando a determinação da tecnologia utilizada nesses setores.

Com relação aos equipamentos a partir dos quais foram obtidos os fatores de emissão, procurou-se adaptar as tecnologias de combustão discriminadas no IPCC ao setor energético brasileiro. A lista de equipamentos, por setores de consumo final e transformação de energia, inclui caldeiras a óleo combustível, a carvão, a lenha, a gás natural e a bagaço, alto-fornos a coque e a carvão vegetal, fornos a óleo, a carvão e a gás natural, etc. Como não existem informações para muitos desses equipamentos e tecnologias utilizados, algumas adaptações foram feitas.

2.2 Fatores de emissão das tecnologias

Os fatores de emissão adotados são fatores médios aproximados. Para o estabelecimento de fatores de emissão mais precisos para os gases não-CO₂, deveriam ser consideradas outras variáveis, como a diferenciação da tecnologia de consumo do combustível e as condições de operação e de manutenção dos equipamentos de uso final e de controle. Como dados nesse nível de detalhamento não são produzidos no país, só foi possível empregar valores médios propostos pelo IPCC para os fatores de emissão dos gases não-CO₂.

Os fatores de emissão utilizados no cálculo das emissões de gases de efeito estufa encontram-se nos relatórios *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual* (IPCC, 1995) e *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual* (IPCC, 1997). O segundo relatório foi adotado, preferencialmente, como referência para os fatores de emissão, sendo o primeiro utilizado de forma complementar para os fatores de emissão inexistentes na versão revisada. Persistindo a inexistência de fatores de emissão adequados nas duas versões, utilizaram-se os fatores *default* da abordagem simplificada (*TIER 1*) do IPCC (1997). Algumas adaptações, no entanto, mostraram-se necessárias diante das particularidades dos setores e dos combustíveis.

Serão apresentados, a seguir, os fatores de emissão utilizados no cálculo das emissões para cada setor de atividade: Setor Energético (sem termelétricas e carvoarias), Setor Comercial e Público, Setor Residencial, Setor Agropecuário, geração termelétrica, carvoarias e Setor Industrial.

Para cada setor, existe uma tabela com os fatores de emissão segundo a destinação (com a correspondente tecnologia predominante): Força Motriz, Calor de Processo, Aquecimento Direto e Iluminação.

As tabelas estruturam-se em seis colunas:

- Na coluna “Comb.”, encontram-se os combustíveis para os quais existe consumo na destinação específica do setor. Os combustíveis que aparecem agrupados são aqueles a que foram atribuídos os mesmos fatores de emissão.
- Na coluna “Gás”, estão listados os cinco gases não-CO₂ inventariados.
- Na coluna “FE kg/TJ”, estão os fatores de emissão. Os valores, quando simplesmente apresentados, foram tirados da abordagem detalhada da versão revisada do IPCC 1996;

quando em fundo azul, da abordagem detalhada do IPCC 1995; quando em fundo cinza, da abordagem simplificada do IPCC 1996; e quando grafados em azul, são fatores de emissão calculados a partir dos dados obtidos na CETESB (1994).

- Na coluna “Pág.”, estão os números das páginas do relatório *Reference Manual* do IPCC (1996 ou 1995) onde se encontram os fatores de emissão.
- Na coluna “Setor/Combustível”, encontram-se a classificação do setor da economia e a classificação geral do combustível utilizado na abordagem simplificada.
- Na coluna “Tabela IPCC/Equipamento”, estão relacionados a tabela do IPCC utilizada e o nome do equipamento dos quais foram obtidos os valores dos fatores de emissão na abordagem detalhada.

Abaixo das tabelas, quando necessário, foram adicionados comentários para esclarecer alguns critérios de escolha de determinados fatores de emissão.

2.2.1 Setor Energético⁶

- Força Motriz

Comb.	Gás	FE kg/TJ	Pág. IPCC	Setor / Combustível	Tabela IPCC / Equipamento
Óleo Diesel	CO	350	1.53	Energy Industries/ Oil	Utility Boiler Source Performance/ Large Diesel Fuel Engines > 600hp
	CH ₄	4,0			
	NO _x	1.300			
	N ₂ O	0,6	1.36		
	NMVOC	5	1.42		
GLP Gás Ref.	CO	350	1.53	Energy Industries/ Natural Gas	Utility Boiler Source Performance/ Large Diesel Fuel Engines > 600hp
	CH ₄	4,0			
	NO _x	1.300			
	N ₂ O	0,1	1.36		
	NMVOC	5	1.42		
Coq. Pet. Out. P. Sec.	CO	15	1.40	Energy Industries/ Oil	
	CH ₄	3	1.35		
	NO _x	200	1.38		
	N ₂ O	0,6	1.36		
	NMVOC	5	1.42		

Para os motores a combustível líquido ou gasoso, foram utilizados, quando possível, os fatores de emissão do *Large Diesel Fuel Engines > 600hp*. Para os gases onde os fatores de emissão não estão definidos, usou-se a abordagem simplificada. Nesta, os combustíveis são classificados segundo o seu estado físico. Os combustíveis líquidos utilizam os fatores de emissão do *Oil* e os gasosos do *Natural Gas*. Para o GLP, foram utilizados os fatores de emissão do *Natural Gas*, porque, apesar de líquido, é queimado já no estado gasoso.

O pequeno consumo final energético de Nafta para o ano de 1994 foi considerado consumo não energético, já que não há informação alguma que permita determinar a destinação no setor.

⁶ O Setor Energético é o mesmo do BEN, ou seja, não inclui a geração termelétrica nem as carvoarias, que serão tratadas nos itens específicos.

• Calor de Processo (100% de caldeiras):

Comb.	Gás	FE kg/TJ	Pág. IPCC	Setor / Combustível	Tabela IPCC / Equipamento
Gás Nat. Gás Coq. Gás Ref.	CO	18	1.53		<i>Utility Boiler Source Performance/ Natural Gas – Boiler</i>
	CH ₄	0,1			
	NO _x	250			
Gás Can. GLP	N ₂ O	0,1	1.36	<i>Energy Industries/ Natural Gas</i>	
	NMVOOC	5	1.42		
Óleo Diesel Queros.	CO	16	1.53		<i>Utility Boiler Source Performance/ Distillate Fuel Oil – Normal Firing</i>
	CH ₄	0,9			
	NO _x	220			
	N ₂ O	0,4	1.42	<i>Energy Industries/ Oil</i>	
Óleo Comb	CO	15	1.53		<i>Utility Boiler Source Performance/ Residual Fuel Oil – Normal Firing</i>
	CH ₄	0,9			
	NO _x	200			
	N ₂ O	0,3	1.42	<i>Energy Industries/ Oil</i>	
Coq.Pet. Out Sec Pet	CO	15	1.40	<i>Energy Industries/ Oil</i>	
	CH ₄	3	1.35		
	NO _x	200	1.38		
	N ₂ O	0,6	1.36		
	NMVOOC	5	1.42		
Bagaço	CO	1.706	1.39		<i>Industrial Boiler Performance/ Bagasse/Ag. Waste Boilers</i>
	CH ₄	30	1.35	<i>Energy Industries/ Other Biomass</i>	
	NO _x	68	1.54		<i>Industrial Boiler Performance/ Bagasse/Ag. Waste Boilers</i>
	N ₂ O	4	1.36	<i>Energy Industries/ Other Biomass</i>	
	NMVOOC	50	1.42		

Para o Gás de Coqueria, o Gás de Refinaria, o Gás Canalizado e o GLP, foram utilizados os mesmos fatores de emissão do Gás Natural, pelo estado físico gasoso na hora da queima.

Para o Coque de Petróleo e Outros Secundários de Petróleo, optou-se pela abordagem simplificada.

- **Aquecimento Direto (100% fornos)**

Comb.	Gás	FE kg/TJ	Pág. IPCC	Setor / Combustível	Tabela IPCC / Equipamento
Gás Natural GLP	CO	83	1.55		<i>Kilns, Ovens and Dryers Source Perf/ Kilns – Natural Gas</i>
	CH ₄	1,1			
Gás Canalizado	NO _x	1.111			
Gás Coqueria	N ₂ O	0,1	1.36	<i>Energy Industries/</i>	
Gás Refinaria	NMVOC	5	1.42	Natural Gas	
Óleo Diesel Óleo Comb.	CO	79	1.55		<i>Kilns, Ovens and Dryers Source Perf/ Kilns – Oil</i>
	CH ₄	1,0			
Querosene Ilum.	NO _x	527			
Out. P. Sec.	N ₂ O	0,6	1.36	<i>Energy Industries/</i>	
Coq. Petróleo	NMVOC	5	1.42	Oil	
Bagaço	CO	1.000	1.40	<i>Energy Industries/ Other Biomass</i>	
	CH ₄	30	1.35		
	NO _x	100	1.38		
	N ₂ O	4	1.36		
	NMVOC	50	1.42		

Na falta de outras informações, foram utilizados os mesmos fatores de emissão do Setor Industrial, para o equipamento “forno”, considerando-se que os portes dos equipamentos nos dois setores, energético e industrial, são equivalentes.

- **Iluminação**

O Setor Energético apresenta um pequeno consumo de Gás de Refinaria na destinação Iluminação. Como não existe fator de emissão mais apropriado, foram utilizados os fatores de emissão da abordagem simplificada.

Comb.	Gás	FE kg/TJ	Pág. IPCC	Setor / Combustível	Tabela IPCC / Equipamento
Gás Refinaria	CO	20	1.40	<i>Energy Industries/ Natural Gas</i>	
	CH ₄	1	1.35		
	NO _x	150	1.38		
	N ₂ O	0,1	1.36		
	NMVOC	5	1.42		
Out. P. Sec. Coq. Pet.	CO	15	1.40	<i>Energy Industries/ Oil</i>	
	CH ₄	3	1.35		
	NO _x	200	1.38		
	N ₂ O	0,6	1.36		
	NMVOC	5	1.42		

A seguir, a tabela síntese dos fatores de emissão do Setor Energético.

Tabela 7 – Fatores de emissão de gases não-CO₂ no Setor Energético

MOTORES (FORÇA MOTRIZ)	Fatores de Emissão (kg/TJ)				
Combustível	CO	CH ₄	NO _x	N ₂ O	NMVOC
Óleo Diesel	350	4,0	1.300	0,6	5
GLP, Gás de Refinaria	350	4,0	1.300	0,1	5
Coque de Petróleo, Outros Produtos Secundários de Petróleo	15	3	200	0,6	5
CALDEIRAS (CALOR DE PROCESSO)	Fatores de Emissão (kg/TJ)				
Combustível	CO	CH ₄	NO _x	N ₂ O	NMVOC
Gás nat., Gás de Coqueria, Gás Refinaria, Gás Canaliz., GLP	18	0,1	250	0,1	5
Óleo Diesel, Querosene Iluminante	16	0,9	220	0,4	5
Óleo Combustível	15	0,9	200	0,3	5
Coque de Petróleo, Outros Produtos Secundários de Petróleo	15	3	200	0,6	5
Bagaço	1.706	30	68	4	50
FORNOS (AQUECIMENTO DIRETO)	Fatores de Emissão (kg/TJ)				
Combustível	CO	CH ₄	NO _x	N ₂ O	NMVOC
Gás nat., Gás de Coqueria, Gás Refinaria, Gás Canaliz., GLP	83	1,1	1111	0,1	5
Óleo Diesel, Querosene Iluminante, Óleo Comb., Outros P. Sec. Petróleo, Coq. Pet.	79	1,0	527	0,6	5
Bagaço	1.000	30	100	4	50
ILUMINAÇÃO	Fatores de Emissão (kg/TJ)				
Combustível	CO	CH ₄	NO _x	N ₂ O	NMVOC
Gás de Refinaria	20	1	150	0,1	5
Outros Produtos Secundários de Petróleo, Coque de Petróleo	15	3	200	0,6	5

2.2.2 Setores Comercial e Público

O Setor Público abrange as entidades do poder público e os serviços de utilidade pública. O poder público é composto pelas Forças Armadas, por escolas e hospitais da rede oficial e por órgãos da administração direta e autárquica federal, estadual e municipal. Os serviços de utilidade pública têm como destaque: o tratamento e a distribuição de água, o tratamento de esgotos, o saneamento e a limpeza urbana e a iluminação pública.

O Setor Comercial, por sua vez, tem um alto grau de heterogeneidade em relação às suas atividades, sendo constituído pelas atividades de comércio – varejista, atacadista, administração de imóveis, etc. – pelos serviços de comunicações e telecomunicações, de transportes (embarque), de alojamento e alimentação, de reparo, manutenção e conservação, pelos serviços pessoais (clínico-hospitalares, ensino, higiene, etc.), pelos serviços comerciais, pelos serviços de diversões, pelos escritórios centrais e regionais de gerência e administração, pelas entidades financeiras, pelas cooperativas, associações / entidades / fundações sem fins lucrativos e por outras atividades não específicas ou não classificadas. No Setor Comercial, verifica-se grande diversidade quanto à escala dos empreendimentos e

quanto ao nível de sofisticação das atividades.

Tanto a primeira versão do relatório do IPCC (1995), quanto a versão revisada (IPCC, 1997), não fornecem valores de emissão para os equipamentos utilizados no Serviço Público. No entanto, como parcela significativa das atividades deste setor se assemelha às atividades do Setor Comercial, foram considerados para ambos os fatores de emissão deste último. Ainda assim, algumas adaptações se mostraram necessárias para a aplicação dos fatores de emissão sugeridos no IPCC (1997):

- Força Motriz

Comb.	Gás	FE kg/TJ	Pág. IPCC	Setor / Combustível	Tabela IPCC / Equipamento
Óleo Diesel	CO	0,4	1.54		<i>Industrial Boiler Performance/ Small Stationary Internal Comb. Boiler Diesel < 600hp</i>
	CH ₄	10	1.35	<i>Commercial/Institut. Oil</i>	
	NO _x	1,9	1.54		<i>Industrial Boiler Performance/ Small Stationary Internal Comb. Boiler Diesel < 600hp</i>
	N ₂ O	0,6	1.36	<i>Commercial/Institut. Oil</i>	
	NMVOG	5	1.42		

Na falta de informações sobre motores para o Setor Comercial, foram utilizados os fatores de emissão para motores de pequeno porte do Setor Industrial.

• Calor de Processo (100% caldeiras)

Comb.	Gás	FE kg/TJ	Pág. IPCC	Setor / Combustível	Tabela IPCC / Equipamento
Gás Natural Gás Canaliz.	CO	9,4	1.57		<i>Commercial Source Performance/ Natural Gas – Boilers</i>
	CH ₄	1,2			
	NO _x	45			
	N ₂ O	2,3			
	NMVOG	5	1.42	<i>Commercial/Institut. Natural Gas</i>	
GLP	CO	12	1.57		<i>Commercial Source Performance/ Oil – LPG Boilers – Butane</i>
	CH ₄	5	1.35	<i>Commercial/Institut. Natural Gas</i>	
	NO _x	70	1.57		<i>Commercial Source Performance/ Oil – LPG Boilers – Butane</i>
	N ₂ O	0,1	1.36	<i>Commercial/Institut. Natural Gas</i>	
	NMVOG	5	1.42		
Óleo Diesel	CO	16	1.57		<i>Commercial Source Performance/ Oil – Distillate Fuel Oil</i>
	CH ₄	0,7			
	NO _x	65			
	N ₂ O	0,4			
	NMVOG	5	1.42	<i>Commercial/Institut. Oil</i>	
Óleo Comb.	CO	15	1.57		<i>Commercial Source Performance/ Oil – Residual Fuel Oil</i>
	CH ₄	1,4			
	NO _x	170			
	N ₂ O	0,3			
	NMVOG	5	1.42	<i>Commercial/Institut. Oil</i>	
Coque Petról. Out. P. Sec. Pet.	CO	20	1.40	<i>Commercial/Institut. Oil</i>	
	CH ₄	10	1.35		
	NO _x	100	1.38		
	N ₂ O	0,6	1.36		
	NMVOG	5	1.42		
Lenha	CO	199	1.41		<i>Commercial Source Performance/ Wood Boilers</i>
	CH ₄	15			
	NO _x	33			
	N ₂ O	4,3			
	NMVOG	600	1.42	<i>Commercial/Institut. Wood/Wood Waste</i>	

O equipamento típico considerado para esta destinação foi a caldeira de médio porte.

O fator de emissão adotado para o Gás Canalizado é o mesmo do Gás Natural.

Assume-se que grande parte do GLP seja butano.

Para o Coque de Petróleo e Outros Produtos Secundários de Petróleo, foram utilizados os fatores de emissão da abordagem simplificada.

Para a Lenha, foram utilizados os fatores de emissão dos *Wood Boilers* já que a versão revisada só traz fatores de emissão de Lenha para *Incineration*, que não se adequa às características das caldeiras a lenha do Setor Comercial.

- Aquecimento Direto (100% fornos)

Comb.	Gás	FE kg/TJ	Pág. IPCC	Setor / Combustível	Tabela IPCC / Equipamento
Gás Natural	CO	83	1.55	<i>Commercial/Institut.</i> Natural Gas	<i>Kilns, Ovens and Dryers Source Perf/</i> Kilns – Natural Gas
	CH ₄	1,1			
	NO _x	1.111			
	N ₂ O	0,1	1.36		
	NMVOG	5	1.42		
GLP	CO	10	1.56	<i>Commercial/Institut.</i> Natural Gas	<i>Residential Source Performance</i> Propane/Butane Furnaces
	CH ₄	1,1			
	NO _x	47			
	N ₂ O	0,1	1.36		
	NMVOG	5	1.42		
Gás Canaliz.	CO	18	1.56	<i>Commercial/Institut.</i> Natural Gas	<i>Residential Source Performance</i> Natural Gas – Furnaces
	CH ₄	5	1.35		
	NO _x	43	1.56		
	N ₂ O	0,1	1.36		
	NMVOG	5	1.42		
Óleo Diesel Óleo Comb. Out. P. Sec. Pet. Coque Petról.	CO	79	1.55	<i>Commercial/Institut.</i> Oil	<i>Kilns, Ovens and Dryers Source Perf/</i> Kilns – Oil
	CH ₄	1,0			
	NO _x	527			
	N ₂ O	0,6	1.36		
	NMVOG	5	1.42		
Carvão Veget.	CO	7.000	1.40	<i>Commercial/Institut.</i> Charcoal	
	CH ₄	200	1.35		
	NO _x	100	1.38		
	N ₂ O	1	1.36		
	NMVOG	100	1.42		
Lenha	CO	440	1.57	<i>Commercial/Institut.</i> Wood/Wood Waste	<i>Commercial Source Performance</i> Wood – Incineration high effic.
	CH ₄	300	1.35		
	NO _x	130	1.57		
	N ₂ O	4	1.36		
	NMVOG	600	1.42		

Na falta de outras informações e diante da constatação de que grande parcela dos equipamentos são fornos, foram considerados os fatores de emissão do Setor Industrial para as fontes Óleo Combustível, Óleo Diesel e Carvão Vegetal, e os fatores de emissão do Setor Residencial para as fontes GLP e Gás Canalizado, dado o uso desses combustíveis em fogões, à semelhança do que ocorre nesse setor.

- Iluminação

Comb.	Gás	FE kg/TJ	Pág. IPCC	Setor / Combustível	Tabela IPCC / Equipamento
Querosene Ilum.	CO	20	1.40	Commercial/Institut. Oil	
	CH ₄	10	1.35		
	NO _x	100	1.38		
	N ₂ O	0,6	1.36		
	NMVOC	5	1.42		

Os setores Comercial e Público apresentam um pequeno consumo de Querosene Iluminante na destinação Iluminação. Como não existem fatores de emissão mais apropriados, foram utilizados os fatores de emissão da abordagem simplificada.

A tabela a seguir sintetiza os fatores de emissão do Setor Comercial/Público.

Tabela 8 – Fatores de emissão de gases não-CO₂ nos Setores Comercial e Público

MOTORES (FORÇA MOTRIZ)		Fatores de Emissão (kg/TJ)				
Combustível		CO	CH ₄	NO _x	N ₂ O	NMVOC
Óleo Diesel		0,4	10	1,9	0,6	5
CALDEIRAS E AQUECEDORES (CALOR DE PROCESSO)		Fatores de Emissão (kg/TJ)				
Combustível		CO	CH ₄	NO _x	N ₂ O	NMVOC
Gás Natural, Gás Canalizado		9,4	1,2	45	2,3	5
GLP		12	5	70	0,1	5
Óleo Diesel		16	0,7	65	0,4	5
Óleo Combustível		15	1,4	170	0,3	5
Coque de Petróleo, Outros Produtos Secundários de Petróleo		20	10	100	0,6	5
Lenha		199	15	33	4,3	600
FORNOS (AQUECIMENTO DIRETO)		Fatores de Emissão (kg/TJ)				
Combustível		CO	CH ₄	NO _x	N ₂ O	NMVOC
Gás Natural		83	1,1	1111	0,1	5
GLP		10	1,1	47	0,1	5
Gás Canalizado		18	5	43	0,1	5
Diesel, Óleo Combustível, Outros P. Sec. Petr., Coque Pet.		79	1,0	527	0,6	5
Lenha		440	300	130	4	600
Carvão Vegetal		7.000	200	100	1	100
ILUMINAÇÃO		Fatores de Emissão (kg/TJ)				
Combustível		CO	CH ₄	NO _x	N ₂ O	NMVOC
Querosene Iluminante		20	10	100	0,6	5

2.2.3 Setor Residencial

O consumo de combustíveis fósseis no Setor Residencial destina-se essencialmente a três usos finais: a cocção de alimentos (Aquecimento Direto), o aquecimento de água (Calor de Processo) e a Iluminação.

- Calor de Processo (aquecedores d'água) **(100% aquecimento)**

Comb.	Gás	FE kg/TJ	Pág. IPCC	Setor / Combustível	Tabela IPCC / Equipamento
Gás Natural GLP	CO	10	1.56		<i>Residential Source Performance/ Gas Natural – Gas Heaters</i>
	CH ₄	1			
	NO _x	47			
Gás Canaliz.	N ₂ O	0,1	1.36	<i>Residential</i>	
	NMVOOC	5	1.42	Natural Gas	

Os fatores de emissão do *Natural Gas – Gas Heaters* (IPCC, 1997, pág. 1.56) são aplicáveis ao GLP, ao Gás Natural e ao Gás Canalizado.

- Aquecimento Direto (cocção de alimentos) **(100% fornos)**

Comb.	Gás	FE kg/TJ	Pág. IPCC	Setor / Combustível	Tabela IPCC / Equipamento
Gás Natural Gás Canaliz.	CO	18	1.56		<i>Residential Source Performance Natural Gas – Furnaces</i>
	CH ₄	5	1.35	<i>Residential Natural Gas</i>	
	NO _x	43	1.56		<i>Residential Source Performance Natural Gas – Furnaces</i>
	N ₂ O	0,1	1.36	<i>Residential</i>	
	NMVOOC	5	1.42	Natural Gas	
GLP	CO	10	1.56		<i>Residential Source Performance Oil – Propane/Butane Furnaces</i>
	CH ₄	1,1			
	NO _x	47			
	N ₂ O	0,1	1.36	<i>Residential</i>	
	NMVOOC	5	1.42	Natural Gas	
Lenha	CO	10.000	1.56		<i>Residential Source Performance Wood – Stoves Conventional</i>
	CH ₄	210			
	NO _x	120			
	N ₂ O	4	1.36	<i>Residential</i>	
	NMVOOC	600	1.42	Wood/Wood Waste	
Carvão Veget.	CO	7.000	1.40	<i>Residential Charcoal</i>	
	CH ₄	200	1.35		
	NO _x	100	1.38		
	N ₂ O	1	1.36		
	NMVOOC	100	1.42		

- Iluminação

Comb.	Gás	FE kg/TJ	Pág. IPCC	Setor / Combustível	Tabela IPCC / Equipamento
Querosene Ilum.	CO	20	1.40	Residencial Oil	
	CH ₄	10	1.35		
	NO _x	100	1.38		
	N ₂ O	0,6	1.36		
	NMVOC	5	1.42		

A destinação Iluminação se baseia totalmente no Querosene Iluminante. Como não existem fatores de emissão mais apropriados foram utilizados os fatores de emissão da abordagem simplificada.

A seguir, a tabela com a síntese dos fatores de emissão do Setor Residencial.

Tabela 9 – Fatores de emissão de gases não-CO₂ no Setor Residencial

AQUECEDORES (CALOR DE PROCESSO)		Fatores de Emissão (kg/TJ)				
Combustível		CO	CH ₄	NO _x	N ₂ O	NMVOC
Gás Natural, GLP, Gás Canalizado		10	1	47	0,1	5
FORNOS E FOGÕES (AQUECIMENTO DIRETO)		Fatores de Emissão (kg/TJ)				
Combustível		CO	CH ₄	NO _x	N ₂ O	NMVOC
Gás Natural, Gás Canalizado		18	5	43	0,1	5
GLP		10	1,1	47	0,1	5
Lenha		10.000	210	120	4	600
Carvão Vegetal		7.000	200	100	1	100
ILUMINAÇÃO		Fatores de Emissão (kg/TJ)				
Combustível		CO	CH ₄	NO _x	N ₂ O	NMVOC
Querosene Iluminante		20	10	100	0,6	5

2.2.4 Setor Agropecuário

O consumo de combustíveis fósseis no Setor Agropecuário destina-se essencialmente a três usos finais: a cocção de alimentos (Aquecimento Direto), o aquecimento de água (Calor de Processo) e a Força Motriz.

Como no relatório do IPCC, em sua primeira versão (IPCC, 1995) e na versão revisada (IPCC, 1997), não há fatores de emissão, para o Setor Agropecuário, buscou-se uma adaptação dos fatores de emissão apresentados para outros setores, considerando as similaridades entre os equipamentos utilizados em cada um.

- Força Motriz

Comb.	Gás	FE kg/TJ	Pág. IPCC	Setor / Combustível	Tabela IPCC / Equipamento
Óleo Diesel	CO	0,4	1.54		<i>Industrial Boiler Performance</i> Oil – Small Stationary Int. Comb. Engine – Diesel < 600hp
	CH ₄	10	1.35	<i>Agriculture-Stationary</i> Oil	
	NO _x	1,9	1.54		<i>Industrial Boiler Performance</i> Oil – Small Stationary Int. Comb. Engine – Diesel < 600hp
	N ₂ O	0,6	1.36	<i>Agriculture-Stationary</i>	
	NMVOC	5	1.42	Oil	
Querosene Ilum.	CO	20	1.40	<i>Agriculture-Stationary</i> Oil	
	CH ₄	10	1.35		
	NO _x	100	1.38		
	N ₂ O	0,6	1.36		
	NMVOC	5	1.42		

Consideraram-se para o Óleo Diesel os fatores de emissão do Setor Industrial *Oil – Small Stationary Internal Combustion Engines – Diesel <600hp* (IPCC, 1997, pág. 1.54)

Para o Querosene Iluminante, preferiu-se utilizar os fatores de emissão da abordagem simplificada, já que Querosene Iluminante para o uso final de Força Motriz não é uma utilização usual que nos permita fazer alguma analogia válida. Embora o BEU atribua todo o consumo de querosene ao uso final de Força Motriz e nenhum ao uso final de Iluminação, vale a pena investigar se não houve um erro nessa distribuição, já que o senso comum diz que parte da iluminação no campo ainda é feita com candeieiros a querosene. Em termos de emissões, não fará diferença, já que, em ambos os casos, seriam utilizados os mesmos fatores de emissão da versão simplificada, *TIER 1*.

• Calor de Processo (100% de caldeiras de pequeno e médio portes)

Comb.	Gás	FE kg/TJ	Pág. IPCC	Setor / Combustível	Tabela IPCC / Equipamento
Óleo Diesel	CO	16	1.57		<i>Commercial Source Performance</i> Oil – Distillate Fuel Oil
	CH ₄	0,7			
	NO _x	65			
	N ₂ O	0,4			
	NMVOG	5	1.42	<i>Agriculture-Stationary</i> Oil	
Óleo Combustível	CO	15	1.57		<i>Commercial Source Performance</i> Oil – Residual Fuel Oil
	CH ₄	1,4			
	NO _x	170			
	N ₂ O	0,3			
	NMVOG	5	1.42	<i>Agriculture-Stationary</i> Oil	
Lenha	CO	199	1.41		<i>Commercial Source Performance/</i> Wood Boilers
	CH ₄	15			
	NO _x	33			
	N ₂ O	4,3			
	NMVOG	600	1.42	<i>Agriculture-Stationary</i> Wood/Wood Waste	
Carvão Veget.	CO	7000	1.40	<i>Agriculture-Stationary</i> Charcoal	
	CH ₄	200	1.35		
	NO _x	100	1.38		
	N ₂ O	1	1.36		
	NMVOG	100	1.42		

Para o Óleo Diesel, foram utilizados os fatores de emissão do Setor Comercial, *Oil – Distillate Fuel Oil*.

Para o Óleo Combustível foram utilizados os fatores de emissão do Setor Comercial *Oil – Residual Fuel Oil*.

A Lenha segue os mesmos fatores de emissão dos equipamentos do tipo *Wood Boilers*, utilizados no Setor Comercial e já mencionados.

Para o Carvão Vegetal, foram utilizados os fatores de emissão da versão simplificada.

O Carvão Vegetal utiliza os fatores de emissão carvão mineral do Setor Comercial *Coal-Boilers*.

• Aquecimento Direto (100% fornos)

Comb.	Gás	FE kg/TJ	Pág. IPCC	Setor / Combustível	Tabela IPCC / Equipamento
Óleo Diesel Óleo Comb.	CO	79	1.55	<i>Agriculture-Stationary</i> Oil	<i>Kilns, Ovens, And Dryers Source Perf.</i> Kilns – Oil
	CH ₄	1,0			
	NO _x	527			
	N ₂ O	0,6	1.36		
	NMVOC	5	1.42		
GLP	CO	10	1.56	<i>Agriculture-Stationary</i> Natural Gas	<i>Residential Source Performance</i> Propane/Butane Furnaces
	CH ₄	1,1			
	NO _x	47			
	N ₂ O	0,1	1.36		
	NMVOC	5	1.42		
Lenha	CO	10.000	1.56	<i>Agriculture-Stationary</i> Wood/Wood Waste	<i>Residential Source Performance</i> Wood – Stoves – Conventional
	CH ₄	210			
	NO _x	120			
	N ₂ O	4	1.36		
	NMVOC	600	1.42		
Carvão Veget.	CO	7.000	1.40	<i>Agriculture-Stationary</i> Charcoal	
	CH ₄	200	1.35		
	NO _x	100	1.38		
	N ₂ O	1	1.36		
	NMVOC	100	1.42		

O Aquecimento Direto é usado, principalmente, para promover a secagem de produtos alimentícios, aumentando a sua capacidade de armazenamento (BEU, 1995). Os principais equipamentos empregados são: *sprays dryers*, tambor rotativo e forno do tipo túnel. Como os *sprays dryers* utilizam em sua maioria a eletricidade como fonte, considerou-se o equipamento “forno” como o principal equipamento na destinação Aquecimento Direto, com o consumo de combustíveis fósseis e biomassa. Neste sentido, fizeram-se as seguintes adaptações aos fatores de emissão do IPCC:

Para o Óleo Diesel e o Óleo Combustível, utilizou-se o mesmo fator de emissão do forno industrial, *Kilns – Oil*.

Para o GLP, utilizou-se o mesmo fator de emissão do Setor Residencial para o forno a GLP, *Propane/Butane Furnaces*.

Para a Lenha, utilizou-se o mesmo fator de emissão do Setor Residencial para o forno a lenha, *Conventional Wood Stoves*.

Para o Carvão Vegetal, foram utilizados os fatores de emissão da versão simplificada.

A seguir, encontra-se a tabela com a síntese dos fatores de emissão do Setor Agropecuário.

Tabela 10 – Fatores de emissão de gases não-CO₂ no Setor Agropecuário

MOTORES (FORÇA MOTRIZ)	Fatores de Emissão (kg/TJ)				
Combustível	CO	CH ₄	NO _x	N ₂ O	NMVOC
Óleo Diesel	0,4	10	1,9	0,6	5
Querosene Iluminante	20	10	100	0,6	5
CALDEIRAS (CALOR DE PROCESSO)	Fatores de Emissão (kg/TJ)				
Combustível	CO	CH ₄	NO _x	N ₂ O	NMVOC
Diesel	16	0,7	65	0,4	5
Óleo Combustível	15	1,4	170	0,3	5
Lenha	199	15	33	4,3	600
Carvão Vegetal	7000	200	100	1	100
FORNOS E SECADORES (AQUECIMENTO DIRETO)	Fatores de Emissão (kg/TJ)				
Combustível	CO	CH ₄	NO _x	N ₂ O	NMVOC
Óleo Diesel, Óleo Combustível	79	1,0	527	0,6	5
GLP	10	1,1	47	0,1	5
Lenha	10.000	210	120	4	600
Carvão Vegetal	7.000	200	100	1	100

2.2.5 Geração termelétrica

Para os centros de transformação, foram calculadas as emissões das centrais termelétricas, decorrentes do consumo de combustível fóssil ou de biomassa, para geração de vapor ou calor, via combustão. Para a transformação de energia primária ou secundária em eletricidade, via geração termelétrica, considerou-se a mesma divisão em Centrais Elétricas de Serviço Público e Centrais Elétricas Autoprodutoras, adotadas no Balanço Energético Nacional (BEN, 1998).

Esse cálculo segue a metodologia detalhada para fontes fixas. A Tabela 11 apresenta os fatores de emissão adotados no inventário.

Admitiram-se os usos finais Calor de Processo e Força Motriz.

- Força Motriz

Comb.	Gás	FE kg/TJ	Pág. IPCC	Setor / Combustível	Tabela IPCC / Equipamento
Óleo Diesel	CO	350	1.53		<i>Utility Boiler Source Performance</i> Large Diesel Fuel Engines > 600hp
	CH ₄	4,0			
	NO _x	1.300			
	N ₂ O	0,6	1.36	<i>Energy Industries</i>	
	NMVOG	5	1.42	Oil	

Para o cálculo das emissões do Óleo Diesel na destinação Força Motriz foram utilizados os mesmos fatores de emissão do Setor Energético.

- Calor de Processo (100% de caldeiras)

Comb.	Gás	FE kg/TJ	Pág. IPCC	Setor / Combustível	Tabela IPCC / Equipamento
Gás Natural Gás de Refin. Gás de Coque.	CO	46	1.53		<i>Utility Boiler Source Performance</i> Natural Gas – Large Gas-Fired Turbines > 3MW
	CH ₄	6			
	NO _x	190			
	N ₂ O	0,1	1.36	<i>Energy Industries</i>	
	NMVOG	5	1.42	Natural Gas	
Óleo Comb. Out. P. Sec. Pet. Out. Prim Fóss Alcatrão Lixívia	CO	15	1.53		<i>Utility Boiler Source Performance</i> Residual Fuel Oil – Normal Firing
	CH ₄	0,9			
	NO _x	200			
	N ₂ O	0,3	1.42	<i>Energy Industries</i> Oil	
	NMVOG	5			
Carvão Vapor	CO	14	1.39		<i>Utility Boiler Source Performance</i> Coal – Pulverised Coal
	CH ₄	0,6			
	NO _x	857			
	N ₂ O	0,8	1.42	<i>Energy Industries</i> Coal	
	NMVOG	5			
Lenha	CO	1.473	1.39		<i>Utility Boiler Source Performance</i> Wood-Fired Boilers
	CH ₄	18			
	NO _x	112			
	N ₂ O	4	1.36	<i>Energy Industries</i>	
	NMVOG	50	1.42	Wood/Wood Waste	
Resíd. Veget Bagaço	CO	1.706	1.35		<i>Industrial Boiler Performance</i> Wood – Bagasse/Ag. Waste Boilers
	CH ₄	30			
	NO _x	68	1.54		<i>Industrial Boiler Performance</i> Wood – Bagasse/Ag. Waste Boilers
	N ₂ O	4	1.36	<i>Energy Industries</i>	
	NMVOG	50	1.42	Other Biomass	

Para a destinação Calor de Processo admitiram-se as seguintes hipóteses:

Ao Gás de Refinaria e ao Gás de Coqueria, foram atribuídos os mesmos fatores de emissão do Gás Natural.

Os fatores de emissão da caldeira à base de outros secundários de petróleo, Outras Primárias Fósseis, Alcatrão e Lixívia seguem os mesmos valores de uma caldeira a Óleo Combustível (*Residual Oil Boiler*), do Setor Energético.

O Carvão Vapor consumido no setor é predominantemente pulverizado (*Pulverised Coal*). Utilizam-se no relatório de suas emissões os fatores listados na primeira versão do relatório do IPCC (1995). Neste caso, assume-se que a queima direta seja preponderante em relação às caldeiras de leito fluidizado. Será necessária uma pesquisa mais aprofundada para se verificar a possibilidade de utilização dos fatores de emissão de 1996, que estão num nível mais detalhado.

Os Resíduos Vegetais seguiram os mesmos fatores de uma caldeira movida a Bagaço (*Bagasse Boilers*), no Setor Industrial.

Tabela 11 – Fatores de emissão de gases não-CO₂ na geração termelétrica

MOTORES (FORÇA MOTRIZ)	Fatores de Emissão (kg/TJ)				
Combustível	CO	CH ₄	NO _x	N ₂ O	NMVOC
Diesel	350	4,0	1.300	0,6	5
CALDEIRAS (CALOR DE PROCESSO)	Fatores de Emissão (kg/TJ)				
Gás Natural, Gás de Coqueria, Gás de Refinaria	46	6	190	0,1	5
Óleo Combustível, Outros Produtos Secundários de Petróleo, Outras Primárias Fósseis, Alcatrão, Lixívia	15	0,9	200	0,3	5
Carvão Vapor	14	0,6	857	0,8	5
Lenha	1.473	18	112	4	50
Bagaço, Resíduos Vegetais	1.706	30	68	4	50

2.2.6 Produção de Carvão Vegetal

Para as carvoarias, foram calculadas as emissões decorrentes do processo de transformação da Lenha em Carvão Vegetal, conhecido como carvoejamento, o que está descrito no item 1.6 deste Anexo.

O fator de emissão para o CO₂ da Lenha consumida no processo de carvoejamento é calculado e utilizado neste trabalho. Para os gases não-CO₂, no entanto, foram utilizados os fatores de emissão do IPCC, por falta de fatores de emissão próprios.

O IPCC sugere duas alternativas para se calcular as emissões de gases não-CO₂ da produção

de Carvão Vegetal. A primeira, a partir da lenha que vai para o carvoejamento e, a segunda, a partir do carvão produzido. Optou-se por utilizar os fatores de emissão para a Lenha, já que se trabalha com uma estrutura de dados que privilegia os dados de entrada nos centros de transformação (Lenha para Carvoejamento) e não os de saída (carvão produzido).

- **Aquecimento Direto (100% fornos)**

Comb.	Gás	FE kg/TJ	Pág. IPCC	Setor / Combustível	Tabela IPCC / Equipamento
Lenha para Carvoejamento	CO	2.000	1.46	Default Non-CO ₂ Emission Factor for Charcoal Production	
	CH ₄	300			
	NO _x	5			
	N ₂ O	N/A			
	NMVOC	600			

A seguir, encontra-se a tabela síntese dos fatores de emissão utilizados para o cálculo das emissões não-CO₂ da lenha que é consumida no processo de produção do carvão.

Tabela 12 – Fatores de Emissão de Gases não-CO₂ nas Carvoarias

FORNO (AQUECIMENTO DIRETO)	Fatores de Emissão (kg/TJ)				
	CO	CH ₄	NO _x	N ₂ O	NMVOC
Combustível					
Lenha para Carvoejamento	2.000	300	5	N/A	600

2.2.7 Setor Industrial

O Setor Industrial está desagregado nos subsetores Cimento, Cerâmica, Alimentos e Bebidas, Ferro-Gusa e Aço, Ferro-Ligas, Papel e Celulose, Química, Têxtil, Mineração e Pelotização, Não-Ferrosos e Outros da Metalurgia e Outras Indústrias, conforme a divisão proposta no Balanço Energético Nacional (BEN, 1996).

Para que fossem utilizados os fatores de emissão do IPCC (1997) foram necessárias algumas adaptações, apresentadas a seguir:

- Força Motriz (motores)

Comb.	Gás	FE kg/TJ	Pág. IPCC	Setor / Combustível	Tabela IPCC / Equipamento
Óleo Diesel GLP	CO	0,3	1.54		<i>Industrial Boiler Performance</i> Oil – Large Stationary Diesel Engines > 600hp
	CH ₄	0,0			
	NO _x	1,3	1.36	<i>Manufacturing Industr</i> Oil	
	N ₂ O	0,6			
	NMVOG	5			
Querosene Ilum.	CO	0,4	1.54		<i>Industrial Boiler Performance</i> Oil – Small Stationary Int. Comb. Engines – Diesel < 600hp
	CH ₄	2	1.35	<i>Manufacturing Industr</i> Oil	
	NO _x	1,9	1.54		<i>Industrial Boiler Performance</i> Oil – Small Stationary Int. Comb. Engines – Diesel < 600hp
	N ₂ O	0,6	1.36	<i>Manufacturing Industr</i> Oil	
	NMVOG	5	1.42		

Na destinação Força Motriz, foram utilizados, para o Óleo Diesel e o GLP, os fatores de emissão para motores a óleo diesel com potência acima de 600 hp (447 kW), presentes na versão revisada do relatório do IPCC.

Para o Querosene Iluminante, foram adotados os fatores de emissão de um motor menor, o “*small stationary*”, a diesel e com menos de 600hp, já que o consumo é muito pequeno e localizado na indústria de ferro gusa e aço.

• Calor de Processo (caldeiras)

Comb.	Gás	FE kg/TJ	Pág. IPCC	Setor / Combustível	Tabela IPCC / Equipamento
Óleo Diesel Querosene Ilum.	CO	16	1.54		<i>Industrial Boiler Performance</i> Oil – Distillate Fuel Oil Boilers
	CH ₄	0,2			
	NO _x	65			
	N ₂ O	0,4			
	NMVOG	5	1.42	<i>Manufacturing Industr</i> Oil	
Óleo Comb. Lixívia	CO	15	1.54		<i>Industrial Boiler Performance</i> Oil – Residual Fuel Oil Boilers
	CH ₄	3,0			
	NO _x	170			
	N ₂ O	0,3			
	NMVOG	5	1.42	<i>Manufacturing Industr</i> Oil	
Gás Natural Gás Canaliz. Gás de Coque. Gás de Refin.	CO	17	1.39		<i>Industrial Boiler Performance</i> Natural Gas-Fired Boilers
	CH ₄	1,4			
	NO _x	67			
	N ₂ O	0,1	1.36	<i>Manufacturing Industr</i> Natural Gas	
	NMVOG	5	1.42		
GLP	CO	16	1.54		<i>Industrial Boiler Performance</i> Oil -LPG Boilers – Butane
	CH ₄	5	1.35	<i>Manufacturing Industr</i> Natural Gas	
	NO _x	97	1.54		<i>Industrial Boiler Performance</i> Oil -LPG Boilers – Butane
	N ₂ O	0,1	1.36	<i>Manufacturing Industr</i> Natural Gas	
	NMVOG	5	1.42		
Carvão Vapor	CO	93	1.39		<i>Industrial Boiler Performance</i> Coal-Fired Boiler
	CH ₄	2,4			
	NO _x	329			
	N ₂ O	1,6	1.54		<i>Industrial Boiler Performance</i> Bit./Sub-bitBoilers
	NMVOG	20	1.42	<i>Manufacturing Industr</i> Coal	
Carvão Vegetal	CO	4.000	1.40	<i>Manufacturing Industr</i> Charcoal	
	CH ₄	200	1.35		
	NO _x	100	1.38		
	N ₂ O	4	1.36		
	NMVOG	100	1.42		
Lenha	CO	1504	1.39		<i>Industrial Boiler Performance</i> Wood-Fired Boiler
	CH ₄	15			
	NO _x	115			
	N ₂ O	4	1.36	<i>Manufacturing Industr</i> Wood/Wood Waste	
	NMVOG	50	1.42		
Bagaço Resíd. Veget.	CO	1.706	1.39		<i>Industrial Boiler Performance</i> Bagasse/Ag. Waste-Fired Boilers
	CH ₄	30	1.35	<i>Manufacturing Industr</i> Other Biomass	
	NO _x	68	1.54		<i>Industrial Boiler Performance</i> Wood – Bagasse/Ag. Waste Boilers
	N ₂ O	4	1.36	<i>Manufacturing Industr</i> Other Biomass	
	NMVOG	50	1.42		
Out.Sec.Pet. Coque de Pet.	CO	10	1.40	<i>Manufacturing Industr</i> Oil	
	CH ₄	2	1.35		
	NO _x	200	1.38		
	N ₂ O	0,6	1.36		
	NMVOG	5	1.42		

Para o Óleo Diesel e o Óleo Combustível, existem fatores de emissão bastante apropriados.

Foram utilizados os fatores de emissão das caldeiras a diesel para o Querosene Iluminante.

Optou-se por utilizar os fatores de emissão do Óleo Combustível para a Lixívia, já que não existe fator de emissão para a biomassa líquida.

Para o Gás Natural, o Gás Canalizado, o Gás de Coqueria e o Gás de Refinaria, foram utilizados os mesmos fatores de emissão das caldeiras a gás natural, da versão de 1995. Na versão revisada os *boilers* estão divididos em grandes e pequenos. Como não existem informações nesse nível de detalhamento, preferiu-se utilizar os fatores de emissão da versão anterior, mais abrangente.

No caso do GLP, os fatores de emissão de uma caldeira a GLP, com a predominância do butano, foram adotados.

Para o Carvão Vapor, foram utilizados os fatores de emissão do relatório do IPCC de 1995, que é mais abrangente e faz referência a “*coal-fired boilers*” já que não se tem informações detalhadas sobre a tecnologia do setor que possibilitaria uma opção por um dos fatores do relatório de 1996. Para as emissões de N₂O, foram utilizados os fatores de emissão da versão revisada do IPCC (1997), considerando-se que o carvão brasileiro, basicamente de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul, é sub-betuminoso ou betuminoso e que, independente da tecnologia, o fator de emissão tem o mesmo valor.

Para a Lenha, foram utilizados os fatores de emissão das caldeiras a lenha do relatório de 1995.

Para o Bagaço e Resíduos Vegetais, os fatores de emissão adotados foram os das caldeiras a Bagaço (*bagasse/agricultural waste-fired boiler*). O fator de emissão do CO, especificamente, foi encontrado somente na versão de 1995.

- Aquecimento Direto

Aquecimento Direto, segundo o BEU (1995), é uma das aplicações mais freqüentes e diversificadas da energia, encontrando-se, em cada setor e subsetor, relacionada a equipamentos muito diferenciados e que usam o mesmo insumo energético. Como o IPCC

distingue, nessa destinação, os secadores dos fornos, é necessário fazer essa mesma distinção nos setores industriais analisados.

- Para o subsetor Cimento, vale notar que o equipamento típico é o forno de clínquerização – forno tipo tambor rotativo através do qual fluem os gases de combustão. Nesse subsetor, a destinação Aquecimento Direto está basicamente relacionada ao equipamento “forno”.
- Subsetor Ferro-Gusa e Aço, cabe destacar a presença dos alto-fornos usados para redução dos minérios como o principal equipamento da destinação Aquecimento Direto.
- O equipamento típico do subsetor Ferro-Ligas, na destinação Aquecimento Direto, é o forno de eletrodo submerso.
- Para mineração, o uso mais freqüente dos combustíveis na destinação Aquecimento Direto é o da secagem e calcinação dos minérios, sendo, portanto, o secador o equipamento mais utilizado nesse subsetor. Na pelletização, por sua vez, o equipamento mais utilizado nessa destinação é o forno. De acordo com BEU (1995), que utiliza os dados de consumo de 1993, 47,7% do Aquecimento Direto do subsetor “Mineração e Pelletização” se devem à mineração, sendo o restante atribuído à pelletização. Esse percentual se reproduz, por hipótese, nos usos dos combustíveis, sendo a parcela de secadores vinculada à mineração e a de fornos vinculada à pelletização. Considerou-se, no presente trabalho, que os resultados válidos para o ano de 1993 possam ser aplicados nos outros anos da análise.
- Para o subsetor Não-Ferrosos e Outros da Metalurgia, setor que apresenta uso intensivo de Aquecimento Direto, o principal equipamento é o forno, seja do tipo cadinho, para o Óleo Combustível, seja do tipo a arco direto e a indução, com o consumo de energia elétrica.
- No caso do subsetor Têxtil, os combustíveis têm grande uso nos processos de secagem, sendo o “secador” o principal equipamento da destinação Aquecimento Direto.
- Na indústria de Papel e Celulose, verifica-se o uso intensivo de processos de secagem, sendo, portanto, o secador o principal equipamento dessa destinação.
- Na Cerâmica, os fornos se notabilizam como os principais equipamentos de consumo energético nos processos produtivos, podendo ser os fornos tipo câmara, tipo túnel ou descontínuos.
- Para os Outros Setores Industriais, a Indústria Química e a Indústria de Alimentos e Bebidas, verifica-se grande utilização tanto de fornos (caso da produção de

fertilizantes e de óxidos metálicos, da indústria de biscoitos e bolachas, da indústria de panificação, da produção de vidro, etc.), quanto de secadores (caso da secagem de massas e farinhas, da secagem de matérias-primas para a indústria de alimentos, etc.). Não há, desse modo, uma indicação segura quanto às parcelas de fornos e de secadores existentes nesses subsetores. Na falta de outras informações utilizaram-se os resultados da pesquisa de campo apresentada no BEU (1995), envolvendo 56 empresas do Setor de Alimentos e Bebidas, 28 empresas do Setor Químico e 47 empresas das Outras Indústrias (BEU, 1995). No Setor de Alimentos e Bebidas, em torno de 87% do consumo em equipamentos de Aquecimento Direto se deve aos fornos, sendo o restante devido aos secadores; no Setor Químico, 89% do consumo em Aquecimento Direto se devem aos fornos, sendo o restante devido aos secadores; nas Outras Indústrias, por sua vez, a proporção obtida é de 91% para fornos e 9% para secadores.

É, portanto, necessário que sejam adaptados os fatores de emissão do IPCC para a gama de equipamentos existente no Setor Industrial.

• Fornos

Comb.	Gás	FE kg/TJ	Pág. IPCC	Setor / Combustível	Tabela IPCC / Equipamento
Gás Natural	CO	83	1.55		<i>Kilns, Ovens, And Dryers Source Perf.</i> Kilns – Natural Gas
Gás Refin.	CH ₄	1,1			
Gás Canaliz.	NO _x	1.111			
Gás Coque.	N ₂ O	0,1	1.36	<i>Manufacturing Industr</i>	
GLP	NMVOG	5	1.42	Natural Gas	
Carvão Vapor Carvão Metal.	CO	79	1.55		<i>Kilns, Ovens, And Dryers Source Perf.</i> Kilns – Coal
	CH ₄	1,0			
	NO _x	527			
	N ₂ O	1,4	1.36	<i>Manufacturing Industr</i>	
	NMVOG	20	1.42	Coal	
Óleo Diesel Out.Prim.Fóss. Óleo Comb. Querosene Ilum. Out.Sec.Pet. Alcatrão Coque de Pet.	CO	79	1.55		<i>Kilns, Ovens, And Dryers Source Perf.</i> Kilns – Oil
	CH ₄	1,0			
	NO _x	527			
	N ₂ O	0,6	1.36	<i>Manufacturing Industr</i> Oil	
	NMVOG	5	1.42		
Coque CM	CO	211	1.55		<i>Kilns, Ovens, And Dryers Source Perf.</i> Coke Oven
	CH ₄	1			
	NO _x	35			
	N ₂ O	1,4	1.36	<i>Manufacturing Industr</i> Coal	
	NMVOG	16	1.55	<i>Kilns, Ovens, And Dryers Source Perf.</i> Coke Oven	
Lenha	CO	2.000	1.40	<i>Manufacturing Industr</i> Wood/Wood Waste	
	CH ₄	30	1.35		
	NO _x	100	1.38		
	N ₂ O	4	1.36		
	NMVOG	50	1.42		
Bagaço Resíd. Veget.	CO	4.000	1.40	<i>Manufacturing Industr</i> Other Biomass	
	CH ₄	30	1.35		
	NO _x	100	1.38		
	N ₂ O	4	1.36		
	NMVOG	50	1.42		
Carvão Veget.	CO	4.000	1.40	<i>Manufacturing Industr</i> Charcoal	
	CH ₄	200	1.35		
	NO _x	100	1.38		
	N ₂ O	4	1.36		
	NMVOG	100	1.42		

Os fatores de emissão do Gás de Refinaria, do Gás Canalizado, do Gás de Coqueria e do GLP são os mesmos do Gás Natural (*Kilns – Natural Gas*).

Os fatores de emissão do Carvão Vapor e do Carvão Metalúrgico estão bem definidos no IPCC (*Kilns – Coal*).

Os fatores de emissão do Coque de Carvão Mineral são os do *Coke Oven* na versão revisada do relatório do IPCC (1997).

Para o Óleo Diesel, Óleo Combustível, Querosene Iluminante, Coque de Petróleo, Outros Produtos Secundários de Petróleo e também para o Alcatrão e Outras Primárias Fósseis foram utilizados os fatores de emissão do *Kilns-Oil*.

Não há fatores de emissão disponíveis para as fontes de biomassa na destinação Aquecimento Direto. Desse modo, foram utilizados, para a Lenha, o Bagaço, o Carvão Vegetal e os Resíduos Vegetais, os fatores de emissão da abordagem simplificada.

- Secadores

Comb.	Gás	FE kg/TJ	Pág. IPCC	Setor / Combustível	Tabela IPCC / Equipamento
Gás Natural Gás Refin. Gás Canaliz. GLP	CO	11	1.55	<i>Manufacturing Industr</i> Natural Gas	<i>Kilns, Ovens, and Dryers Source Perf.</i> Dryer – Natural Gas
	CH ₄	1,1			
	NO _x	64			
	N ₂ O	0,1	1.36		
	NMVOG	5	1.42		
Carvão Vapor	CO	179	1.55	<i>Manufacturing Industr</i> Coal	<i>Kilns, Ovens, and Dryers Source Perf.</i> Dryer – Coal
	CH ₄	1,0			
	NO _x	226			
	N ₂ O	1,4	1.36		
	NMVOG	20	1.42		
Óleo Diesel Óleo Comb. Querosene Ilum. Out.Sec.Pet. Lixívia Coque Pet.	CO	179	1.55	<i>Manufacturing Industr</i> Oil	<i>Kilns, Ovens, and Dryers Source Perf.</i> Dryer – Oil
	CH ₄	1,0			
	NO _x	226			
	N ₂ O	0,6	1.36		
	NMVOG	5	1.42		
Lenha	CO	2.000	1.40	<i>Manufacturing Industr</i> Wood/Wood Waste	
	CH ₄	30	1.35		
	NO _x	100	1.38		
	N ₂ O	4	1.36		
	NMVOG	50	1.42		
Bagaço Resid. Veget.	CO	4.000	1.40	<i>Manufacturing Industr</i> Other Biomass	
	CH ₄	30	1.35		
	NO _x	100	1.38		
	N ₂ O	4	1.36		
	NMVOG	50	1.42		
Carvão Veget.	CO	4.000	1.40	<i>Manufacturing Industr</i> Charcoal	
	CH ₄	200	1.35		
	NO _x	100	1.38		
	N ₂ O	4	1.36		
	NMVOG	100	1.42		

Seguiu-se a mesma lógica que orientou a atribuição dos fatores de emissão para os fornos.

Os fatores de emissão do Gás de Refinaria, do Gás Canalizado e do GLP são os mesmos do Gás Natural (*Dryer – Natural Gas*).

Os fatores de emissão do Carvão Vapor estão bem definidos no IPCC (*Dryer – Coal*).

Para o Óleo Diesel, Óleo Combustível, Querosene Iluminante, Coque de Petróleo, Outros Produtos Secundários de Petróleo e também para a Lixívia foram utilizados os fatores de emissão do *Dryer-Oil*.

Não há fatores de emissão disponíveis para as fontes de biomassa na destinação Aquecimento Direto. Desse modo, assim como para os fornos, foram utilizados, para a Lenha, o Bagaço, o Carvão Vegetal e os Resíduos Vegetais, os fatores de emissão da abordagem simplificada.

Os fatores de emissão para cada tecnologia e combustível utilizados no Setor Industrial estão apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 – Fatores de emissão de gases não-CO₂ no Setor Industrial

MOTORES (FORÇA MOTRIZ)	Fatores de Emissão (kg/TJ)				
Combustível	CO	CH ₄	NO _x	N ₂ O	NMVOG
Óleo Diesel, GLP	0,3	0,0	1,3	0,6	5
Querosene Iluminante	0,4	2	1,9	0,6	5
CALDEIRAS INDUSTRIAIS (CALOR DE PROCESSO)	Fatores de Emissão (kg/TJ)				
Combustível	CO	CH ₄	NO _x	N ₂ O	NMVOG
Óleo Diesel, Querosene Iluminante	16	0,2	65	0,4	5
Óleo Combustível, Lixívia	15	3,0	170	0,3	5
Gás Natural, Gás Canalizado, Gás de Coqueria, Gás de Refinaria	17	1,4	67	0,1	5
GLP	16	5	97	0,1	5
Carvão Vapor	93	2,4	329	1,6	20
Outros Produtos Secundários de Petróleo, Coque de Petróleo	10	2	200	0,6	5
Carvão Vegetal	4.000	200	100	4	100
Lenha	1.504	15	115	4	50
Bagaçó, Resíduos Vegetais	1.706	30	68	5	50
FORNOS INDUSTRIAIS (AQUECIMENTO DIRETO)	Fatores de Emissão (kg/TJ)				
Combustível	CO	CH ₄	NO _x	N ₂ O	NMVOG
Gás Natural, Gás Canalizado, Gás de Refinaria, Gás de Coqueria e GLP	83	1,1	1.111	0,1	5
Carvão Vapor e Carvão Metalúrgico	79	1,0	527	1,4	20
Carvão Vegetal	4.000	200	100	4	100
Óleo Diesel, Outras Primárias Fósseis, Óleo Combustível, Querosene Iluminante, Outros P. Sec. de Petróleo, Alcatrão, Coque de Petróleo	79	1,0	527	0,6	5
Coque de Carvão Mineral	211	1	35	1,4	16
Lenha	2.000	30	100	4	50
Bagaçó, Resíduos Vegetais	4.000	30	100	4	50
SECADORES INDUSTRIAIS (AQUECIMENTO DIRETO)	Fatores de Emissão (kg/TJ)				
Combustível	CO	CH ₄	NO _x	N ₂ O	NMVOG
Gás Natural, Gás Canalizado, Gás de Refinaria, GLP	11	1,1	64	0,1	5
Carvão Vapor	179	1,0	226	1,4	20
Carvão Vegetal	4.000	200	100	4	100
Óleo Diesel, Óleo Combustível, Querosene Iluminante, Outros Produtos Secundários de Petróleo, Lixívia, Coque de Petróleo	179	1,0	226	0,6	5
Lenha	2.000	30	100	4	50
Bagaçó, Resíduos Vegetais	4.000	30	100	4	50

2.2.8 Setor de Transportes

Para o cálculo das emissões de gases não-CO₂ do Setor de Transportes, seguiu-se uma metodologia mais simplificada que a utilizada para os outros setores. A abordagem simplificada (*TIER 1*) não se baseia na desagregação da tecnologia de consumo, mas sim na quantidade de combustíveis consumida em cada modo de transporte (aéreo, rodoviário, ferroviário e marítimo) e nos fatores de emissão médios dos combustíveis, conforme apresentado na abordagem simplificada do IPCC.

Assim sendo, a Eq. 16 ficará reduzida a:

$$\omega_i^{n-CO_2} = \sum_b \varepsilon_{bi}^{n-CO_2} * C_{bi} \quad \text{Eq. 23}$$

Somente para o álcool foram utilizados fatores específicos para o Brasil, calculados a partir de testes de medição. Para Outros Produtos Secundários de Petróleo, que inclui o metanol e o MTBE, optou-se por não atribuir nenhum fator de emissão para os gases não CO₂, por ausência de fator de emissão ou de analogias aceitáveis.

Para a Lenha, apesar de constar consumo no transporte ferroviário, não existe fator de emissão sequer na versão simplificada.

O quadro a seguir resume os fatores de emissão utilizados.

- Transporte Rodoviário

Comb.	Gás	FE kg/TJ	Pág. IPCC	Setor / Combustível
Gás Natural	CO	400	1.40	<i>Transport – Road Natural Gas</i>
	CH ₄	50	1.35	
	NO _x	600	1.38	
	N ₂ O	0,1	1.36	
	NMVOG	5	1.42	
Óleo Diesel	CO	1.000	1.40	<i>Transport – Road Oil – Diesel</i>
	CH ₄	5	1.35	
	NO _x	800	1.38	
	N ₂ O	0,6	1.36	
	NMVOG	200	1.42	
Gasolina	CO	8.000	1.40	<i>Transport – Road Oil – Gasoline</i>
	CH ₄	20	1.35	
	NO _x	600	1.38	
	N ₂ O	0,6	1.36	
	NMVOG	1.500	1.42	
Out. P. Sec. Pet	CO	N/A		
	CH ₄	N/A		
	NO _x	N/A		
	N ₂ O	N/A		
	NMVOG	N/A		
Álcool	CO	5.462		<i>MCT – Módulo Específico de Transportes</i>
	CH ₄	224		
	NO _x	421		
	N ₂ O	N/A		
	NMVOG	N/A		

• Transporte Ferroviário

Comb.	Gás	FE kg/TJ	Pág. IPCC	Setor / Combustível
Carvão Vapor	CO	150	1.40	<i>Transport – Railways</i> Coal
	CH ₄	10	1.35	
	NO _x	300	1.38	
	N ₂ O	1,4	1.36	
	NMVOG	20	1.42	
Óleo Diesel	CO	1.000	1.40	<i>Transport – Railways</i> Oil
	CH ₄	5	1.35	
	NO _x	1200	1.38	
	N ₂ O	0,6	1.36	
	NMVOG	200	1.42	

• Transporte Aéreo

Comb.	Gás	FE kg/TJ	Pág. IPCC	Setor / Combustível
Gasolina	CO	15.000	1.40	<i>Transport – Aviation</i> Oil
	CH ₄	0,5	1.35	
	NO _x	300	1.38	
	N ₂ O	2	1.36	
	NMVOG	300	1.42	
Querosene Ilum.	CO	100	1.40	<i>Transport – Aviation</i> Oil
	CH ₄	0,5	1.35	
	NO _x	300	1.38	
	N ₂ O	2	1.36	
	NMVOG	50	1.42	

• Transporte Hidroviário

Comb.	Gás	FE kg/TJ	Pág. IPCC	Setor / Combustível
Óleo Diesel Óleo Comb.	CO	1.000	1.40	<i>Transport – Navigation</i> Oil
	CH ₄	5	1.35	
	NO _x	1.500	1.38	
	N ₂ O	0,6	1.36	
	NMVOG	200	1.42	

Os fatores de emissão não-CO₂ encontram-se resumidos no quadro a seguir:

Tabela 14 – Fatores de emissão de gases não-CO₂ no Setor de Transportes

TRANSPORTE RODOVIÁRIO		Fatores de Emissão (kg/TJ)				
Combustível	CO	CH ₄	NO _x	N ₂ O	NM VOC	
Gás Natural	400	50	600	0,1	5	
Diesel	1.000	5	800	0,6	200	
Gasolina	8.000	20	600	0,6	1.500	
Outros Secundários de Petróleo	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
Álcool	5.462	224	421	N/A	N/A	
TRANSPORTE FERROVIÁRIO		Fatores de Emissão (kg/TJ)				
Combustível	CO	CH ₄	NO _x	N ₂ O	NM VOC	
Carvão Vapor	150	10	300	1,4	20	
Diesel	1.000	5	1.200	0,6	200	
TRANSPORTE AÉREO		Fatores de Emissão (kg/TJ)				
Combustível	CO	CH ₄	NO _x	N ₂ O	NM VOC	
Gasolina	15.000	0,5	300	2	300	
Querosene Iluminante	100	0,5	300	2	50	
TRANSPORTE HIDROVÁRIO		Fatores de Emissão (kg/TJ)				
Combustível	CO	CH ₄	NO _x	N ₂ O	NM VOC	
Diesel	1.000	5	1.500	0,6	200	
Óleo Combustível						

Apêndice: Distribuição por tipo de uso para cada combustível e setor

	Não Energético	Energético	Residencial	Comercial	Público	Agropecuário	Rodoviário	Ferrovário	Aéreo	Hidroviário	Cimento	Ferro-gusa e aço	Ferro-ligas	Mineração e Pelotização	Não-Ferrosos	Química	Alimentos e bebidas	Têxtil	Papel e Celulose	Cerâmica	Outros da Indústria	Não Identificado	Termelétricas	Carvoejamento
Gasolina																								
Força Motriz		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1		1	1	1	1			
Calor de Processo																								
Aquecimento Direto																								
Iluminação																								
Querosene																								
Força Motriz						1	1	1	1	1		0,001												
Calor de Processo		0,5												1		0,074	0,452	0,87	1	0,017	0,176			
Aquecimento Direto		0,5								1	0,999	1				0,926	0,548	0,13		0,983	0,824			
Iluminação			1	1	1																			
Óleo Diesel																								
Força Motriz		0,9	0,5	0,369	0,431	0,99	1	1	1	1	0,998	0,559		0,814		0,768	0,931	0,6	0,954	0,883	0,65		1	
Calor de Processo		0,009	0,25	0,456	0,391	0,004					0,001	0,002		0,185		0,13	0,029	0,204	0,007	0,009	0,129			
Aquecimento Direto		0,091	0,25	0,175	0,178	0,006					0,001	0,439	1	0,001		0,102	0,04	0,196	0,039	0,108	0,221			
Iluminação																								
Óleo Combustível																								
Força Motriz										0,7														
Calor de Processo		0,52	0,5	0,946	1	0,8	0,5	0,5	0,5	0,3	0,03	0,149		0,0036	0,4575	0,939	0,836	0,937	0,937	0,283	0,37		1	
Aquecimento Direto		0,48	0,5	0,054		0,2	0,5	0,5	0,5		0,97	0,851	1	0,9964	0,5425	0,061	0,164	0,063	0,063	0,717	0,63			
Iluminação																								
GLP																								
Força Motriz		0,495					1			1		0,261				0,049	0,481	0,031	0,663	0,003	0,183			
Calor de Processo		0,019	0,01	0,018				0,5	0,5						0,5	0,149		0,837	0,011	0,245	0,024			
Aquecimento Direto		0,486	0,99	0,982	1	1		0,5	0,5		1	0,739	1	1	0,5	0,802	0,519	0,132	0,326	0,752	0,793			
Iluminação																								

Fonte: BEU

Apêndice: Distribuição por tipo de uso para cada combustível e setor

	Não Energético	Energético	Residencial	Comercial	Público	Agropecuário	Rodoviário	Ferrovário	Aéreo	Hidroviário	Cimento	Ferro-gusa e aço	Ferro-ligas	Mineração e Pelotização	Não-Ferrosos	Química	Alimentos e bebidas	Têxtil	Papel e Celulose	Cerâmica	Outros da Indústria	Não Identificado	Termelétricas	Carvoejamento
Nafta																								
Força Motriz																								
Calor de Processo																								
Aquecimento Direto																								
Iluminação																								
Outros Não Energéticos de Petróleo																								
Força Motriz																								
Calor de Processo																								
Aquecimento Direto																								
Iluminação																								
Outras Secundárias de Petróleo																								
Força Motriz		0,048																						
Calor de Processo		0,768	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5		0,277				0,935		0,5	0,5		0,4228		1	
Aquecimento Direto		0,181	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0,723	1		1	0,065		0,5	0,5	1	0,5772			
Iluminação		0,003																						
Carvão Vapor																								
Força Motriz																								
Calor de Processo		1	1	1	1	1	1	1	1	1		0,112			1	0,091	0,928	0,645	1		0,92		1	
Aquecimento Direto											1	0,888	1			0,909	0,072	0,355		1	0,08			
Iluminação																								
Carvão Metalúrgico																								
Força Motriz																								
Calor de Processo																								
Aquecimento Direto		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1		1	1	1	1			
Iluminação																								

Fonte: BEU

Apêndice: Distribuição por tipo de uso para cada combustível e setor

	Não Energético	Energético	Residencial	Comercial	Público	Agropecuário	Rodoviário	Ferrovário	Aéreo	Hidroviário	Cimento	Ferro-gusa e aço	Ferro-ligas	Mineração e Pelotização	Não-Ferrosos	Química	Alimentos e bebidas	Têxtil	Papel e Celulose	Cerâmica	Outros da Indústria	Não Identificado	Termelétricas	Carvoejamento
Gás Natural																								
Força Motriz							1																	
Calor de Processo		0,228	0,5	0,5	0,5	0,5		0,5	0,5	0,5				0,006			0,836	0,937	1		0,37		1	
Aquecimento Direto		0,772	0,5	0,5	0,5	0,5		0,5	0,5	0,5	1	1	1	0,994	1	1	0,164	0,063		1	0,63			
Iluminação																								
Gás																								
Força Motriz							1																	
Calor de Processo		0,4	0,183	0,018											0,064		0,003		0,032		0,582		1	
Aquecimento Direto		0,6	0,817	0,982	1	1		1	1	1	1	1	1		0,936	1	0,997	1	0,968	1	0,418			
Iluminação																								
Lenha																								
Força Motriz																								
Calor de Processo		1		0,208	0,259	0,446	0,5	0,5	0,5	0,5		0,869			0,675	0,846	0,778	0,82	0,999		0,501		1	
Aquecimento Direto			1	0,792	0,741	0,554	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0,131	1		0,325	0,154	0,222	0,18	0,001	1	0,499			1
Iluminação																								
Alcatrão																								
Força Motriz																								
Calor de Processo		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5						0,5		0,5	0,5		0,5		1	
Aquecimento Direto		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1			0,5		0,5	0,5	1	0,5			
Iluminação																								
Coque de Carvão Mineral																								
Força Motriz																								
Calor de Processo																						0,08		
Aquecimento Direto		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	0,92			
Iluminação																								

Fonte: BEU

Apêndice: Distribuição por tipo de uso para cada combustível e setor

	Não Energético	Energético	Residencial	Comercial	Público	Agropecuário	Rodoviário	Ferrovário	Aéreo	Hidroviário	Cimento	Ferro-gusa e aço	Ferro-ligas	Mineração e Pelotização	Não-Ferrosos	Química	Alimentos e bebidas	Têxtil	Papel e Celulose	Cerâmica	Outros da Indústria	Não Identificado	Termelétricas	Carvoejamento	
Carvão Vegetal																									
Força Motriz																									
Calor de Processo		0,2				0,2	0,2	0,2	0,2	0,2						0,2		0,2	0,2						
Aquecimento Direto		0,8	1	1	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1	1	1	1	1	0,8		0,8	0,8	1	1				
Iluminação																									
Produtos da Cana																									
Força Motriz																									
Calor de Processo		0,996	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1	0,992	1	0,999		1			1	
Aquecimento Direto		0,004															0,008		0,001	1					
Iluminação																									
Alcool Etílico																									
Força Motriz		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1		1	1	1	1				
Calor de Processo																									
Aquecimento Direto																									
Iluminação																									
Outras Primárias																									
Força Motriz																									
Calor de Processo		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5						0,5		0,5	0,5		0,5			1	
Aquecimento Direto		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1			0,5		0,5	0,5	1	0,5				
Iluminação																									

Fonte: BEU