

**PRIMEIRO INVENTÁRIO BRASILEIRO DE EMISSÕES AN-
TRÓPICAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA**

RELATÓRIOS DE REFERÊNCIA

**EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO POR QUEI-
MA DE COMBUSTÍVEIS: ABORDAGEM *TOP-DOWN***

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



Ministério da Ciência e Tecnologia
2006

PRESIDENTE DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
LUIZ INÁCIO LULA DA SILVA

MINISTRO DE ESTADO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SERGIO MACHADO REZENDE

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

EXECUÇÃO

COORDENADOR GERAL DE MUDANÇAS GLOBAIS DE CLIMA
JOSÉ DOMINGOS GONZALEZ MIGUEZ

COORDENADOR TÉCNICO DO INVENTÁRIO
NEWTON PACIORNIK

**PRIMEIRO INVENTÁRIO BRASILEIRO DE EMISSÕES AN-
TRÓPICAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA**

RELATÓRIOS DE REFERÊNCIA

**EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO POR QUEI-
MA DE COMBUSTÍVEIS: ABORDAGEM *TOP-DOWN***

Elaborado por:

Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia - COPPE
Cidade Universitária Bloco G Sala 101 - Centro de Tecnologia - Ilha do Fundão
21945-970 - Rio de Janeiro - RJ

Fundação para a Coordenação de Projetos Tecnológicos, Pesquisa e Estudos

Autores:

Luiz Pinguelli Rosa
Rafael Schechtman
Marco Aurélio dos Santos
Suzana Kahn Ribeiro

Ministério da Ciência e Tecnologia
2006

Publicação do Ministério da Ciência e Tecnologia

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

Ministério da Ciência e Tecnologia

Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento

Coordenação Geral de Mudanças Globais de Clima

Esplanada dos Ministérios Bloco E 2º Andar Sala 244

70067-900 - Brasília - DF

Telefone: 61-3317-7923 e 3317-7523

Fax: 61-3317-7657

e-mail: cpmg@mct.gov.br

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

Revisão:

Branca Bastos Americano

Newton Paciornik

Revisão de Editoração:

Mara Lorena Maia Fares

Anexandra de Ávila Ribeiro

Editoração Eletrônica:

Jorge Ribeiro

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

Fundo Global para o Meio Ambiente - GEF

Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD

Projeto BRA/95/G31

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

70712-901 - Brasília - DF

Telefone: 61-3038-9300

Fax: 61-3038-9009

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.gcric.org/CSP/webpage.html>

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

Índice

	Página
Introdução	9
Sumário Executivo	11
Introdução	13
1 O Sistema Energético Brasileiro	14
2 Emissões de CO ₂ Derivadas do Uso de Combustíveis Fósseis no Sistema Energético Brasileiro	29
3 Emissões de CO ₂ Derivadas do Uso da Biomassa no Sistema Energético Brasileiro	39
4 Conclusões e Recomendações	44
5 Referências Bibliográficas	47
Anexo I	49
Anexo II	77
Anexo III – Emissões de CO ₂ derivadas do uso da biomassa não renovável no sistema energético brasileiro	95
Anexo IV – Indicadores de desempenho do sistema energético brasileiro sob o ponto de vista das emissões de CO ₂	107

Lista de Figuras

	Página
Figura 1 – Oferta interna bruta de energia por fonte (Mtep)	18
Figura 2 – Consumo final por fonte (Mtep)	18
Figura 3 – Consumo final por fonte (%)	19
Figura 4 – Consumo de lenha por setor (10^6 t)	20
Figura 5 – Oferta e demanda de álcool (10^6 m ³)	21
Figura 6 – Geração de eletricidade (Twh)	22
Figura 7 – Reservas nacionais de gás natural (bilhões Nm ³)	24
Figura 8 – Produção de gás natural (milhões Nm ³)	24
Figura 9 – Participação das fontes primárias no consumo final e transformação de energia (%)	25
Figura 10 – Dependência externa de energia (Mtep)	28
Figura 11 – Dependência externa de petróleo (Mtep)	28
Figura 12 – Emissões de carbono de combustíveis fósseis (Mt C)	31
Figura 13 – Emissões de carbono de combustíveis fósseis (%)	31
Figura 14 – Emissões anuais de carbono de fontes fósseis (1990 = 100)	34
Figura 15 – Emissões de carbono de combustíveis fósseis, oferta interna bruta e consumo final de energia (1990 = 100)	38
Figura 16 – Emissões de CO ₂ da biomassa (Mt C)	42
Figura 17 – Emissões de CO ₂ da biomassa (%)	42
Figura 18 – Emissões de CO ₂ da biomassa por fonte	43
Figura 19 – Emissões de carbono de combustíveis fósseis, emissões da biomassa e oferta interna bruta de energia (1990 = 100)	43

Lista de Tabelas

	Página
Tabela 1 – Oferta interna bruta de energia por fonte	16
Tabela 2 – Consumo final de energia por fonte	17
Tabela 3 – Evolução do consumo energético de lenha no Brasil	19
Tabela 4 – Aproveitamento do carvão vapor brasileiro para a geração termelétrica	23
Tabela 5 – Consumo de energia final por setor	26
Tabela 6 – Dependência externa de energia	27
Tabela 7 – Emissões de CO ₂ de fontes fósseis no sistema energético brasileiro	30
Tabela 8 – Variação anual das emissões de CO ₂ de fontes fósseis no sistema energético brasileiro	33
Tabela 9 – Oferta interna bruta de energia	34
Tabela 10 – Variação anual da oferta interna bruta de energia no sistema energético brasileiro	35
Tabela 11 – Consumo de energia final no sistema energético brasileiro	36
Tabela 12 – Variação anual do consumo de energia final no sistema energético brasileiro	37
Tabela 13 – Variação das emissões de carbono de combustíveis fósseis da oferta interna bruta e do consumo final de energia	38
Tabela 14 – Emissões de CO ₂ da biomassa	41
Tabela 15 – Variação anual das emissões de CO ₂ da biomassa	41

Introdução

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

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

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

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

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

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

no Brasil também não encontra apoio na metodologia, muito embora tais emissões, dado o caráter renovável da biomassa, não sejam contabilizadas nos totais nacionais.

A aplicação da metodologia do IPCC pelos países em desenvolvimento impõe a esses países um ajuste a um sistema para cuja elaboração pouco contribuíram. De qualquer modo, durante sua aplicação, não abdicamos do dever de exercer alguma influência, ainda que modesta, por exemplo, em relação à mudança de uso da terra e florestas. Deve-se levar em conta que o Brasil é um dos países que têm melhores e mais abrangentes sistemas de monitoramento permanente deste setor. Estudos pioneiros foram realizados em relação às emissões de gases de efeito estufa pela conversão de florestas em terras para uso agrícola, pelos reservatórios de hidrelétricas e por queimadas prescritas do cerrado. Cuidado deve ser tomado, também, ao se comparar os resultados totais de emissões por tipo de gás de efeito estufa. Diferenças metodológicas com outros inventários internacionais de emissões de gases de efeito estufa, em especial com alguns países desenvolvidos que não relatam adequadamente suas emissões, como, por exemplo, no caso de mudanças no uso da terra e florestas, impedem a simples comparação dos resultados.

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

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

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

Sumário Executivo

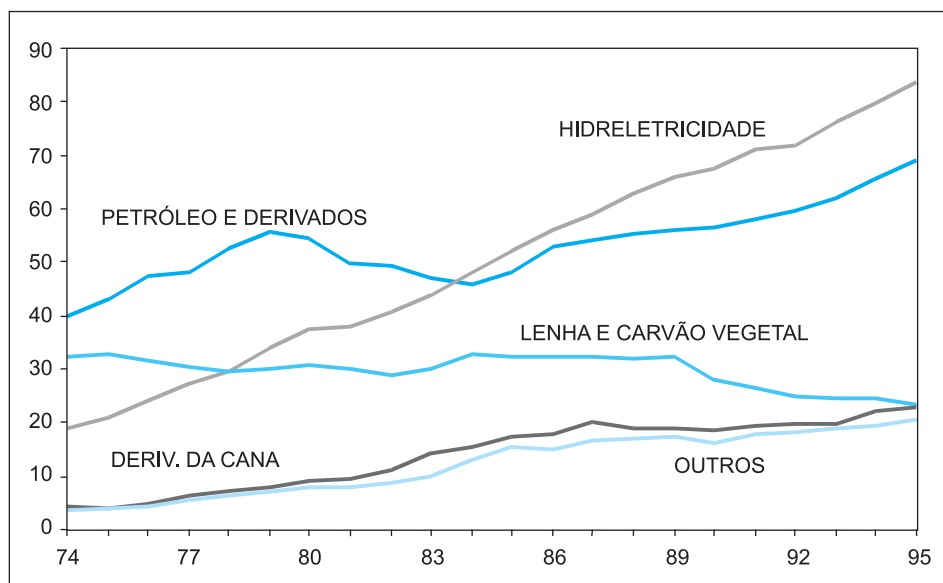
Este relatório apresenta as estimativas das emissões de CO₂ da queima de combustíveis para o período de 1990 a 1994, com base na abordagem *top-down* definida das Diretrizes Revisadas de 1996 do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima - IPCC.

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 e o Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia - COPPE, no âmbito do Projeto BRA/95/G31. Os recursos financeiros para este trabalho foram disponibilizados por meio de um acordo bilateral com o *United States Country Studies Program*.

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 apresenta uma breve descrição do sistema energético brasileiro, salientando suas características únicas, como o uso de fontes de energia renováveis, como mostrado na Figura I.

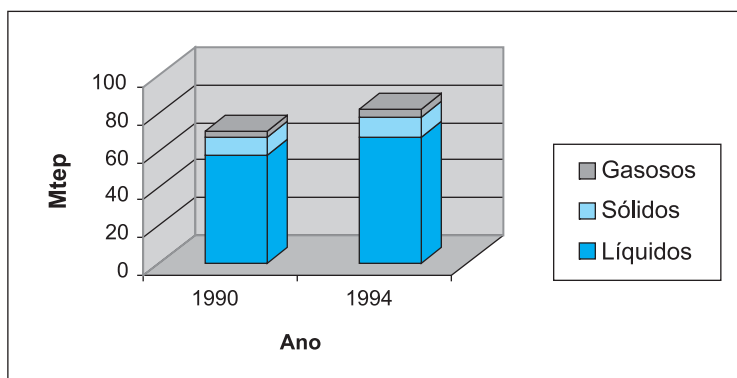
Figura I – Oferta interna bruta de energia por fonte (Mtep)



Fonte: BEN, 1998.

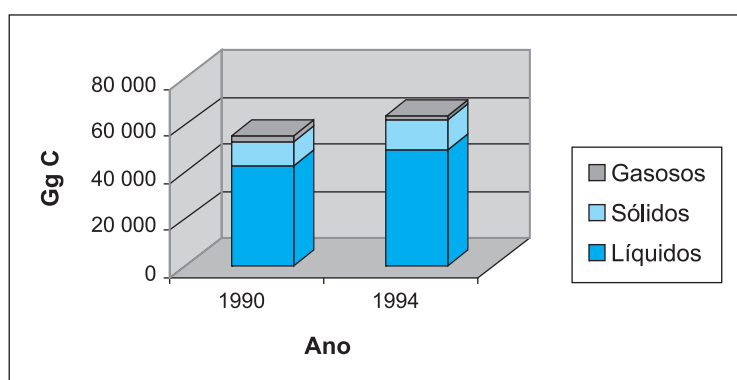
As estimativas das emissões basearam-se nos dados de energia por fonte, obtidos do Balanço Energético Brasileiro, publicado anualmente pelo Ministério de Minas e Energia. O consumo total aparente de combustíveis fósseis foi de aproximadamente 70,8 Mtep em 1990 e 81,9 Mtep em 1994, como apresentado na Figura II, aumentando 15,6% nesse período. Os *bunkers* internacionais foram avaliados separadamente, contabilizando 1,0 Mtep em 1990 e 1,7 Mtep em 1994.

Figura II – Consumo aparente de combustíveis fósseis (Mtep)



As emissões de CO₂ provenientes da queima de combustíveis fósseis foram estimadas em 55,2 TgC em 1990 e 64,4 TgC em 1994, aumentando 16,6% nesse período. As emissões devidas ao consumo de combustíveis fósseis líquidos foi equivalente a 77% do total em 1994, enquanto os combustíveis fósseis sólidos e gasosos foram responsáveis por 19% e 4% respectivamente, como apresentado na Figura III.

Figura III – Emissões de CO₂ dos combustíveis fósseis (Gg C)



O relatório também apresenta as estimativas das emissões de CO₂ decorrentes do uso da biomassa no sistema energético, seguindo a recomendação do IPCC de incluir essa informação sem somar essas emissões às emissões totais dos combustíveis fósseis.

Introdução

Este trabalho visa adequar a metodologia já estabelecida pelo IPCC (IPCC,1996), para a determinação das emissões de dióxido de carbono (CO_2) por fontes de energia, às condições específicas do sistema energético brasileiro e aplicá-la no cálculo de suas emissões, nos anos de 1990 a 1994.

O capítulo 1 deste trabalho descreve sucintamente o sistema energético brasileiro, enfatizando suas características particulares como a utilização de fontes renováveis de energia.

Tendo essa descrição como pano de fundo, o capítulo 2 apresenta os resultados dos cálculos das emissões de CO_2 derivadas do consumo de combustíveis fósseis, no sistema energético brasileiro, nos anos de 1990 a 1994, e analisa a evolução dessas emissões ao longo desse período.

O capítulo 3 apresenta as estimativas das emissões de CO_2 provenientes do consumo de biomassa no sistema energético e analisa a sua evolução temporal, no período de interesse. As estimativas visam atender à recomendação do IPCC de que as emissões de CO_2 da biomassa devem ser incluídas no inventário nacional de emissões do sistema energético apenas a título de informação sem serem adicionadas às emissões dos combustíveis fósseis.

Com base no material apresentado e discutido nos capítulos anteriores, o capítulo 4 apresenta as considerações finais do trabalho. Ressaltam-se as vantagens comparativas do Brasil, no tocante às emissões de CO_2 do seu sistema energético, pelo uso de fontes renováveis, e alerta-se sobre a necessidade da implantação de políticas que criem condições para a manutenção dessas vantagens.

O Anexo I do relatório apresenta a metodologia e os dados empregados no cálculo das emissões de CO_2 .

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

No Anexo III apresentamos a análise das emissões de carbono da biomassa não renovável. Nessa parte, são contabilizadas as emissões da biomassa considerando-se o abatimento do carbono da parcela renovável da biomassa. Essas estimativas são úteis para uma melhor compreensão do grau de importância da biomassa renovável no sistema energético, sob o ponto de vista das suas emissões de CO_2 . Posteriormente, é feita a composição das

emissões de CO₂ dos combustíveis fósseis e da biomassa energética não renovável e são determinadas as emissões totais do sistema energético, para o período de 1990 a 1994. Apesar dessa abordagem não estar de acordo com a metodologia do IPCC, onde as emissões da biomassa são relatadas na parte de energia mas contabilizadas na parte de uso de solo, ela é de interesse científico e contribui para uma análise sobre a intensidade de carbono do setor energético brasileiro.

Adicionalmente, no Anexo IV se analisa a evolução das emissões brasileiras, no período de tempo de interesse, e se traça comparações entre os sistemas energéticos do Brasil e dos Estados Unidos, no tocante às suas emissões de CO₂, discutindo-se as vantagens comparativas que o Brasil apresenta pelo uso de fontes renováveis de energia no lugar do emprego intensivo de combustíveis fósseis. Essa análise é feita a partir do estabelecimento de indicadores que visam inferir o desempenho do sistema energético brasileiro, no tocante às suas emissões de CO₂.

O presente relatório foi elaborado por uma equipe de professores e pesquisadores do Programa de Planejamento Energético e do Programa de Transporte, da COPPE/UFRJ, revisado e reestruturado pela equipe da Coordenação Geral de Mudanças Globais do MCT. Sua execução contou com o suporte do Ministério da Ciência e Tecnologia, através de um convênio firmado entre a Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos - COPPETEC e o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, para utilização dos recursos do Programa *United States Initiative for Country Studies on Climate Change*.

1 O Sistema Energético Brasileiro

A Tabela 1 apresenta a oferta interna bruta de energia¹, de origem renovável e não renovável, no Brasil, nos anos de 1970, 1974, 1990 e 1994, e a Figura 1 apresenta a sua evolução temporal no período de 1974 a 1995. A Tabela 2 apresenta o consumo de energia final², primária³ e secundária⁴, nos anos 1970, 1974, 1990 e 1994, e as Figuras 2 e 3 apresentam a sua evolução no período de 1974 a 1995, em Mtep e percentual, respectivamente.

¹ Oferta interna bruta de energia - representa a quantidade de energia que se coloca à disposição no país para ser transformada e/ou consumida.

² Energia final - produtos energéticos fornecidos ao usuário final para o atendimento de suas necessidades de consumo.

³ Energia primária - produtos energéticos providos pela natureza, na sua forma direta.

⁴ Energia secundária - produtos energéticos provenientes dos diversos centros de transformação de energia que têm como

Conforme se verifica nessas tabelas e figuras, tem sido considerável a participação das fontes renováveis de energia primárias e secundárias na matriz energética brasileira, a saber: a lenha, o carvão vegetal, a energia hidráulica, o bagaço e o álcool de cana-de-açúcar.

Até a década de 70, a lenha, extraída principalmente de florestas nativas, representava a principal fonte energética do país, atendendo principalmente ao consumo dos setores residencial (cocção de alimentos), industrial (geração de vapor e calor direto) e 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 apresentado nas Figuras 1 a 3, no início da década de 70, como consequência do quadro de exaustão das florestas nativas perto dos mercados consumidores e da penetração de outras fontes, a participação da lenha na matriz energética começou a declinar. Com a crise energética da década de 70, esse declínio sofreu uma pequena desaceleração, resultante dos projetos de reflorestamento para a produção de carvão vegetal para a indústria siderúrgica. A lenha se estabilizou em segundo lugar na oferta interna bruta de energia,

superada apenas pelo petróleo.

FONTE	ANO							
	1970		1974		1990		1994	
	Mtep ^a	%	Mtep ^a	%	Mtep ^a	%	Mtep ^a	%
<i>Oferta de energia primária</i>	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
<i>Oferta de energia secundária</i>	-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	-2,4	-1,3	3,8	1,8
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	0,3	0,2	0,5	0,3
Oferta interna bruta	74,0	100	99,2	100	187,3	100	210,8	100

Fonte: (BEN,1998).

Notas:

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

^b Para a conversão de energia hidráulica e eletricidade em toneladas equivalentes de petróleo, o BEN adota o princípio de “equivalência na produção”, que estabelece a quantidade de petróleo necessária para gerar 1 MWh em uma usina termoeletrica (1MWh = 0,29 tep). A maioria dos países adota o princípio de “equivalência no consumo” baseado na primeira lei da termodinâmica (1MWh = 0,086 tep). A convenção adotada no Brasil superestima a oferta interna bruta de energia hidráulica, eletricidade e energia nuclear, bem como o consumo final de eletricidade, podendo distorcer as comparações com outros países.

Tabela 1 – Oferta interna bruta de energia por fonte

A partir de 1978, a oferta de energia hidráulica superou a participação da lenha como fonte primária, que passou então a ocupar o terceiro lugar até os dias atuais.

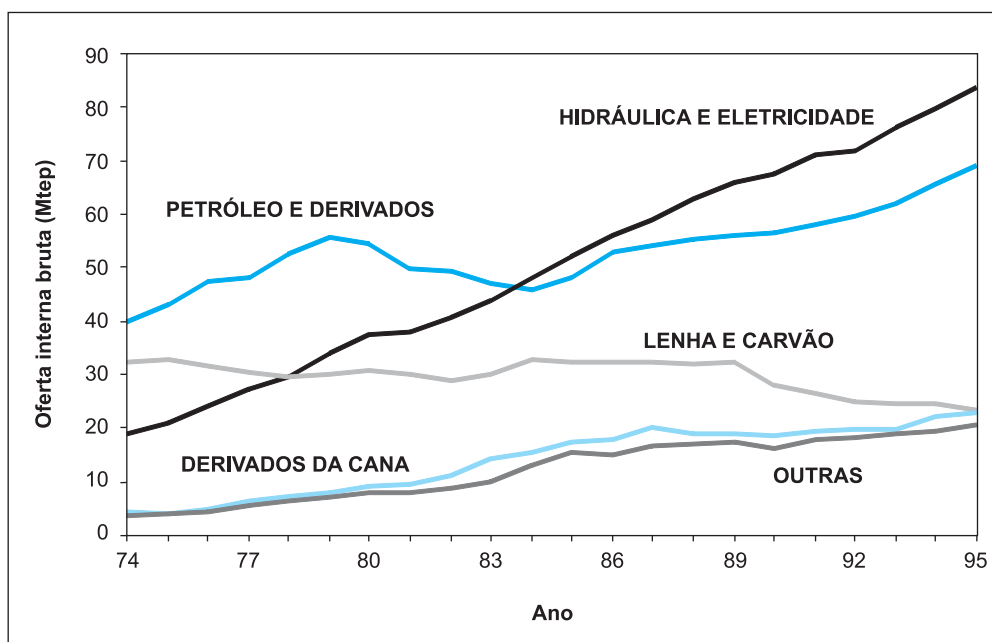
Além das mudanças no consumo da lenha energética no país, cabe também ressaltar a

alteração na distribuição do seu consumo. Conforme mostrado na Tabela 3 e na Figura 4, no período de 1970 a 1994, o consumo de lenha destinado à conversão em carvão vegetal se expandiu 190%, enquanto o seu consumo final, na forma primária, sofreu uma redução de 50%.

FONTE DE ENERGIA	ANO							
	1970		1974		1990		1994	
	Mtep	%	Mtep	%	Mtep	%	Mtep	%
<i>Energia primária</i>	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
<i>Energia Secundária</i>	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	6,0	3,5	6,8	3,6
Outras secundárias de petróleo	0,2	0,3	0,9	1,0	3,0	1,7	3,6	1,9
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	92,8	100	169,4	100	190,9	100

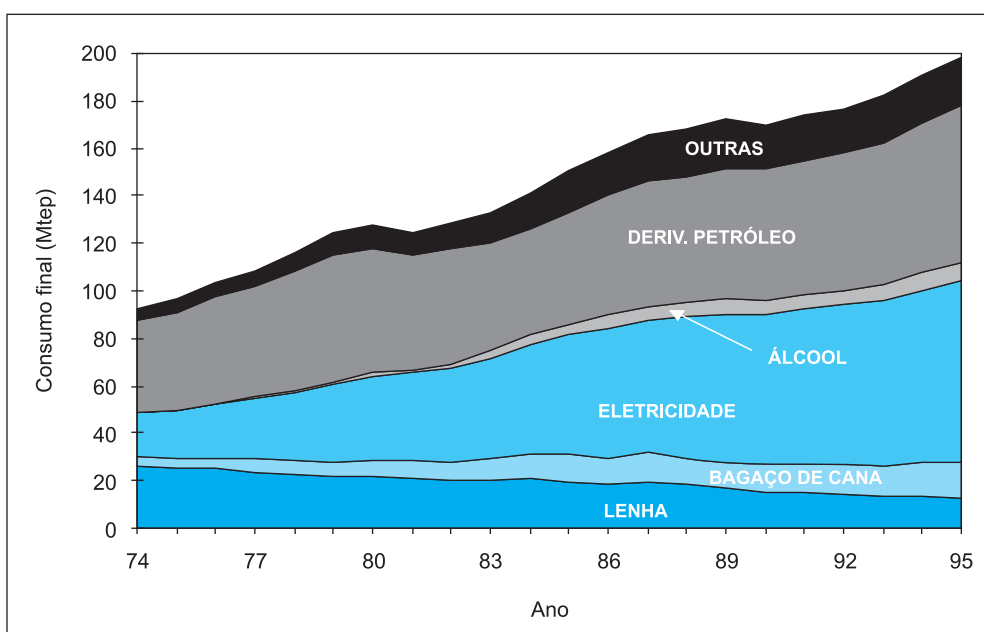
Fonte: (BEN,1998).

Tabela 2 – Consumo final de energia por fonte



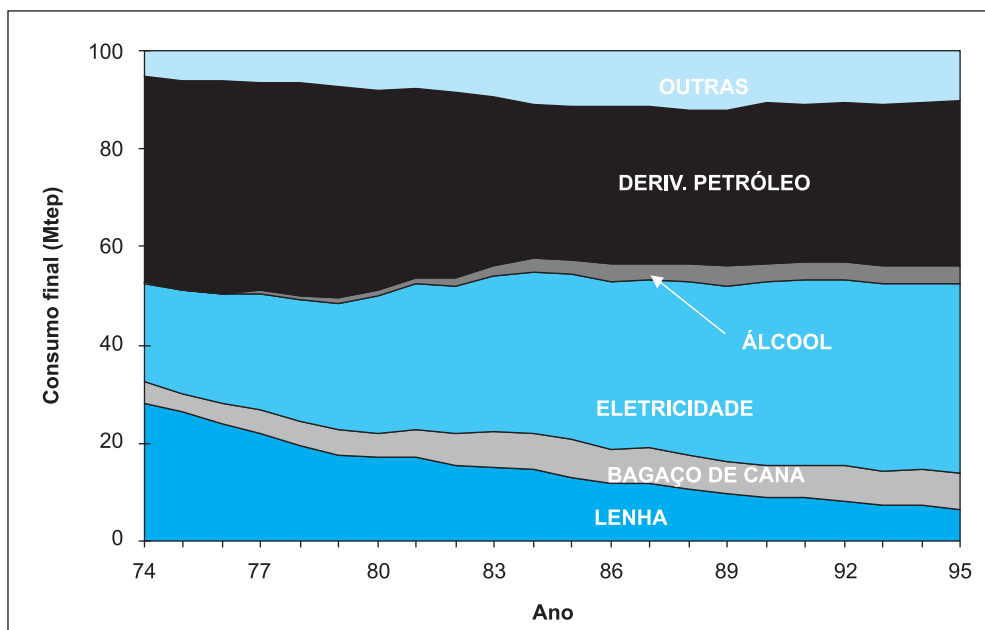
Fonte: (BEN, 1998).

Figura 1 – Oferta interna bruta de energia por fonte (Mtep)



Fonte: (BEN, 1998).

Figura 2 – Consumo final por fonte (Mtep)



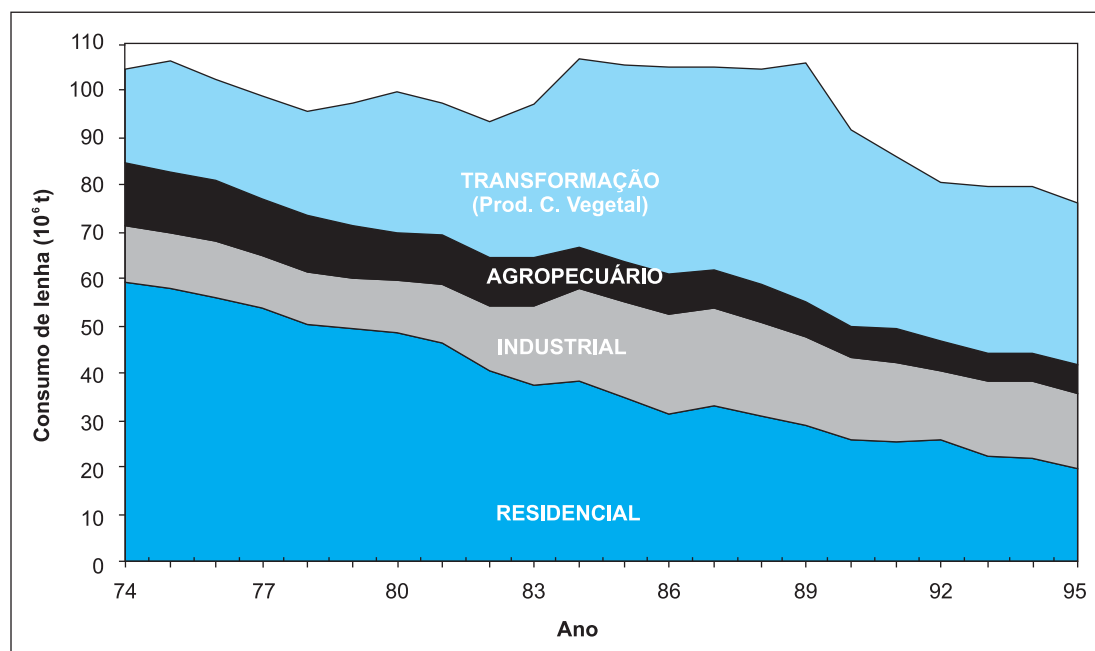
Fonte: (BEN, 1998).

Figura 3 – Consumo final por fonte (%)

Ano	Usos				
	Transformação (Mtep)	%	Uso Final (Mtep)	%	Oferta Interna Bruta (Mtep)
1970	3,5	11	28,0	89	31,5
1975	7,2	22	25,5	78	32,7
1980	9,1	30	21,6	70	30,7
1985	12,8	39	19,7	61	32,5
1990	12,7	45	15,4	55	28,2
1994	11,0	45	13,6	55	24,5

Fonte: (BEN, 1998).

Tabela 3 – Evolução do consumo energético de lenha no Brasil



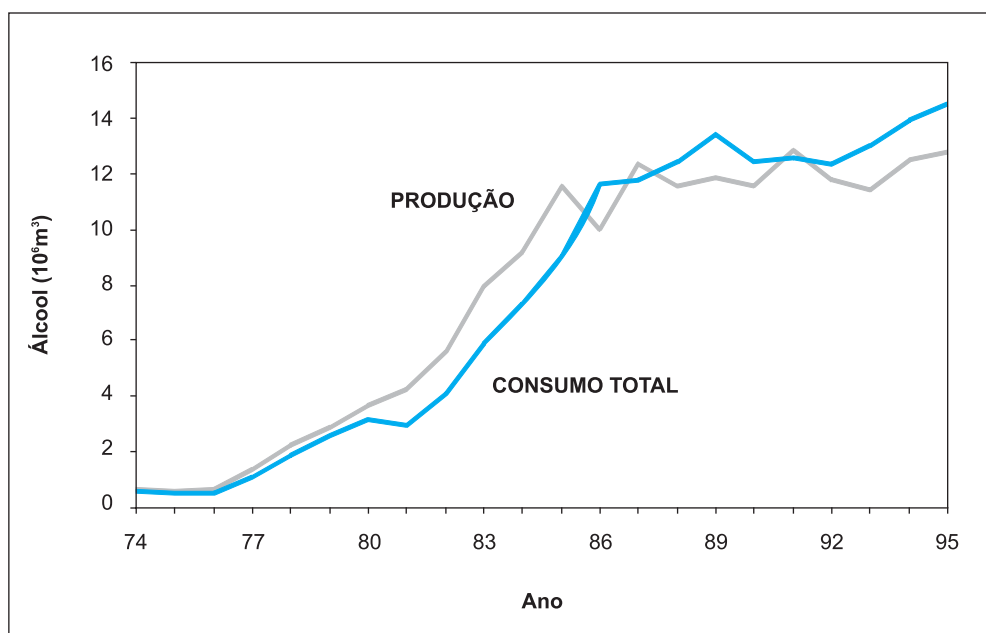
Fonte: (BEN, 1998).

Figura 4 – Consumo de lenha por setor (10⁶ t)

Outra importante fonte primária na matriz energética nacional, a cana-de-açúcar começou a aumentar sua participação a partir de 1975, quando foi criado o PROALCOOL, para incrementar a produção de álcool hidratado para uso automotivo. O consumo de álcool, restrito até 1975 praticamente ao álcool anidro adicionado à gasolina, 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% das vendas de veículos leves novos.

Conforme se verifica na Figura 1, entre o ano de implantação do PROALCOOL e 1989, a oferta interna bruta de produtos energéticos da cana-de-açúcar cresceu aproximadamente 340%, num ritmo médio de 11% a.a., atendendo também à demanda de bagaço utilizado nas usinas de álcool e na indústria. A Figura 5 mostra que, nesse período, a produção de álcool cresceu cerca de 1900%, correspondendo a uma taxa média de cerca de 24% a.a.. Nos anos seguintes a 1989, a produção de álcool manteve-se estagnada ou declinou, 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, a cana-

de-açúcar também produz o bagaço de cana que supre hoje cerca de 7 a 8% do consumo



Fonte: (BEN, 1998).

energético final nacional (Tabela 2).

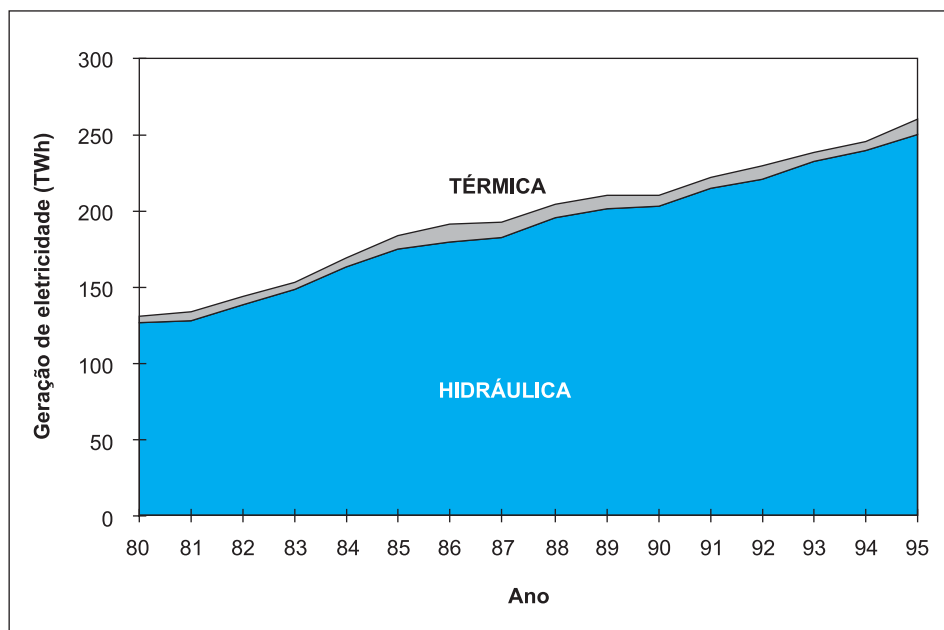
Figura 5 – Oferta e demanda de álcool (10⁶ m³)

Outra fonte renovável, a energia hidráulica ganhou impulso na década de 1960, com a participação estatal no setor elétrico, através da construção de grandes hidrelétricas. A partir daí, a oferta bruta de energia de origem hidráulica cresceu, na média, 12,5% a.a., na década de 1970, 6,1% a.a., na década de 1980 (Figura 1), e 4,2% a.a., entre 1990 e 1994 (contabilizando-se nesses dois últimos períodos, a parcela de energia importada da participação paraguaia na UHE de Itaipu)⁵.

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 (Figura 1). Em 1994, a energia hidráulica já representava 33% da oferta interna bruta total de energia,

⁵ Utilizando o fator de conversão: 1 MWh = 0,29 tep.

sendo responsável por cerca de 96% do suprimento de eletricidade no país (Figura 6). Nesse



Fonte: (BEN, 1998).

mesmo ano, a eletricidade atendeu a cerca de 40% do consumo final energético do país.

Figura 6 – Geração de eletricidade (TWh)

As fontes primárias não renováveis empregadas no país são principalmente o petróleo, o carvão mineral, o urânio (U_3O_8) e o gás natural.

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 com taxa de crescimento médio de 7% a.a.

A segunda causa, com raízes no setor de transportes, decorre da opção 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.

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%). Seu alto teor de cinzas torna o seu transporte antieconômico para longas distâncias, restringindo o seu consumo às localidades próximas de 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 do que 3% da geração elétrica total do país (vide Figura 6).

Estudos realizados sobre o aproveitamento do carvão vapor brasileiro através de novas tecnologias de geração de eletricidade, tais como a combustão em leito fluidizado (FBC) e os sistemas integrados de gaseificação e ciclo combinado (IGCC) (Eletrobrás, 1995), concluíram que as reservas nacionais de carvão existentes são suficientes para atender as necessidades de expansão da termelétrica além do horizonte do ano 2015. Esse potencial está disposto por região produtora do país conforme apresentado na Tabela 4.

O urânio, apesar das suas consideráveis reservas nacionais, de cerca de 1.400 Mtep de U_3O_8 , possui produção ainda incipiente. O baixo preço internacional do combustível nuclear não incentiva a produção para exportação e a demanda interna restringia-se, no período, apenas ao consumo anual do reator nuclear de Angra I, com 626 MWe⁶.

Estado	Capacidade Instalada (GW)		
	Reservas Medidas e Indicadas	Reservas Inferidas e Marginais	Total
Rio Grande do Sul	27,2	29,5	56,7
Santa Catarina	1,8	0,5	2,2
Paraná	0,3	-	0,3
Total	29,3	30,0	59,2

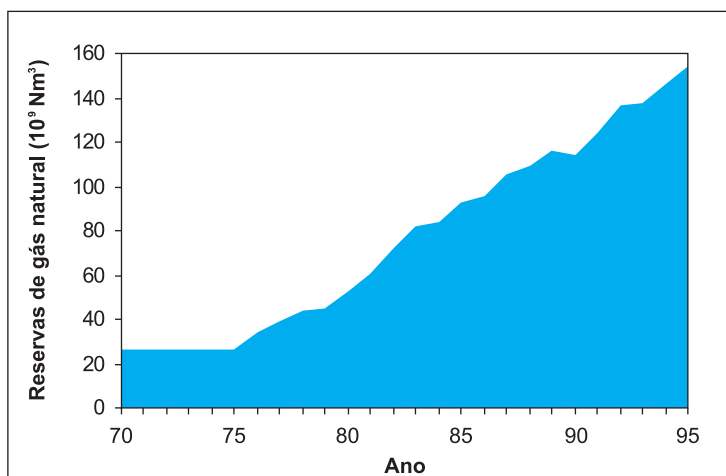
Fonte: Eletrobrás (1995) Plano 2015 - Plano Nacional de Energia Elétrica, 1993-2015.

Tabela 4 – Aproveitamento do carvão vapor brasileiro para a geração termelétrica

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 (vide Tabela 1) e 1,5% da energia final consumida (vide Tabela 2), em 1994. As reservas nacionais de gás natural não são também elevadas – em 1994, cerca de 150 bilhões

⁶ Refere-se ao reator nuclear construído fora do Acordo Nuclear Brasil - Alemanha. Das oito unidades previstas a serem construídas no âmbito do acordo, apenas duas foram contratadas, Angra II e III. A usina de Angra II foi inaugurada em 2000 e a construção de Angra III ainda não foi iniciada.

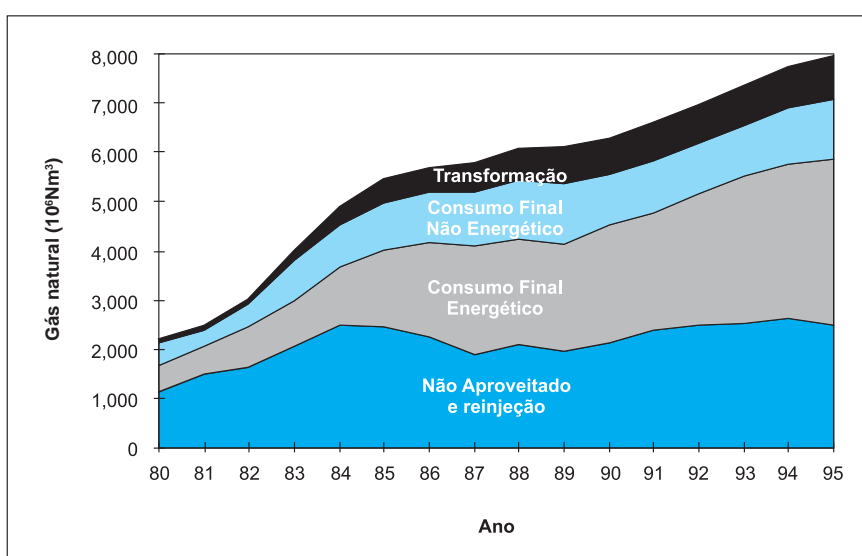
de Nm³ (vide Figura 7), com uma relação R/P (reserva/produção) de cerca de 19 anos.



Fonte: BEN (1998).

Figura 7 – Reservas nacionais de gás natural (bilhões Nm³)

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 sendo gradualmente aumentado, tendo chegado a 70% em 1990 (vide Figura 8). Hoje, dada a produção insuficiente para atender à demanda dos setores residencial, industrial e da geração termelétrica, prevê-se a importação de gás natural da Bolívia e da Argentina.

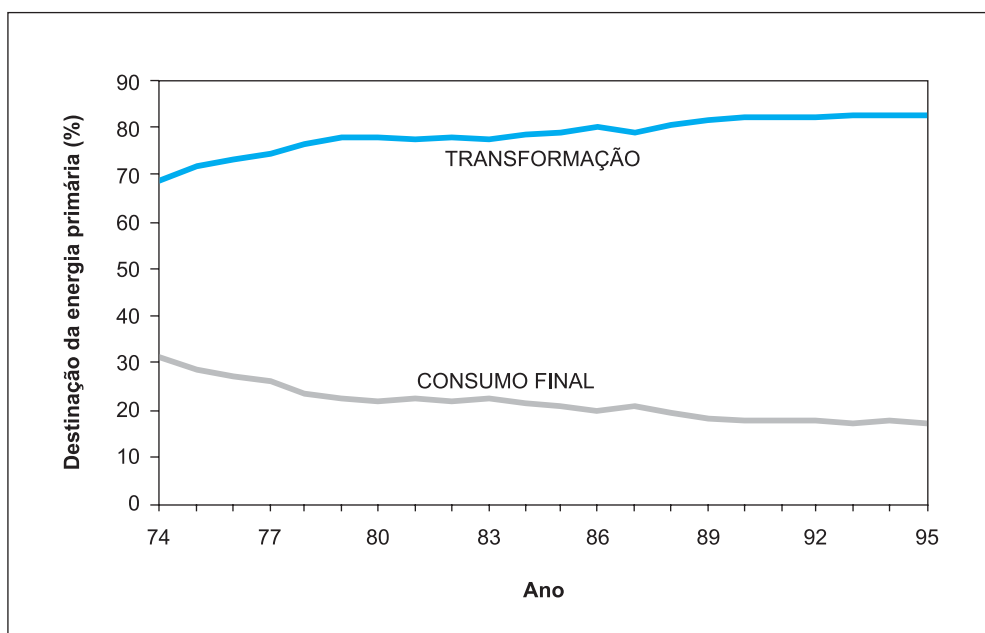


Fonte: (BEN, 1998).

Figura 8 – Produção de gás natural (milhões Nm³)

No passado, as fontes de energia renováveis e não renováveis apresentaram taxas de crescimento relativamente próximas. Conforme se extrai da Tabela 1, entre 1970 e 1990, a taxa de crescimento médio da oferta bruta de energia renovável foi de cerca de 5% a.a., enquanto da energia não renovável foi de 4% a.a. Entre 1990 e 1994, ambas apresentaram crescimento médio em torno de 2% a.a.

Uma grande parte da produção de energia primária 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. A Figura 9 apresenta a evolução da distribuição do destino da energia primária produzida no país. Também, nem todo o combustível consumido no país destina-se ao uso energético. Do consumo nacional de energia primária e secundária, uma pequena parte é utilizada como matéria-prima na fabricação de produtos não energéticos, tais como a nafta petroquímica, o asfalto e os lubrificantes. Dessa forma, classifica-se o consumo final da energia como consumo final energético e não energético. A Tabela 5 apresenta a distribuição do consumo final da energia no Brasil, quanto aos seus usos. A Tabela 5 apresenta ainda a desagregação do consumo energético por setor de consumo. No ano de 1994, do consumo final total de energia, de aproximadamente 191 Mtep, apenas cerca de 5,7% destinou-se ao consumo não energético.



Fonte: (BEN, 1998).

Figura 9 – Participação das fontes primárias no consumo final e transformação de energia

SETOR	ANO							
	1970		1974		1990		1994	
	Mtep	% ^a	Mtep	% ^a	Mtep	% ^a	Mtep	% ^a
<i>Consumo final energético</i>	67,7	97,9	89,6	96,5	159,7	94,3	180,1	94,3
Industrial	20,9	30,2	31,0	33,4	65,7	38,8	75,2	39,4
Transporte	13,0	18,8	20,5	22,1	32,3	19,1	37,1	19,4
Residencial	23,5	34,0	24,5	26,4	27,7	16,4	29,1	15,2
Comercial	1,9	2,7	2,8	3,0	7,8	4,6	9,0	4,7
Público	1,1	1,7	1,9	2,0	5,4	3,2	6,8	3,6
Energético	1,9	2,8	3,4	3,7	13,2	7,8	14,6	7,7
Agropecuário	5,3	7,7	5,4	5,9	7,3	4,3	8,2	4,3
Outros consumos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,2	0,0	0,0
<i>Consumo final não energético</i>	1,4	2,1	3,2	3,5	9,7	5,7	10,8	5,7
<i>Consumo final total</i>	69,2	100	92,8	100	169,4	100	190,9	100

Fonte: (BEN, 1998).

Nota:

^a Os percentuais indicados para os consumos finais energéticos dos setores econômicos são calculados relativamente ao total do consumo energético. Os demais percentuais referem-se ao consumo final total.

(%)

Tabela 5 – Consumo de energia final por setor

Os maiores consumidores de energia final são os setores industrial, de transportes e residencial. A partir da Tabela 5, verifica-se que as participações relativas dos setores residencial e agropecuário no consumo final de energia vêm decrescendo desde 1970. Enquanto isso, as participações dos setores comercial e industrial tiveram um aumento expressivo, refletindo as transformações no perfil da economia do país. No caso do setor industrial, o aumento de seu consumo deve-se não apenas ao crescimento da sua produção econômica (efeito de atividade), mas também à introdução de indústrias energo-intensivas no país (efeito de estrutura), tais como as indústrias de alumínio, papel e celulose e siderurgia.

Parte da energia consumida no Brasil é importada. A Tabela 6 apresenta dados sobre a produção e o comércio externo de energia do país, por combustível, a Figura 10 a evolução da dependência externa de energia do país e a Figura 11 a evolução da dependência de

petróleo importado. As informações apresentadas demonstram a 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. A partir de 1970, a dependência externa da energia cresceu, atingindo seu pico 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 (Figura 11). 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 Petrobrás, da exploração das reservas nacionais de petróleo, especialmente as reservas *offshore* de águas profundas. Até 1985, esse conjunto de ações já havia permitido as importações de petróleo diminuírem à metade

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	17,5	68,6	31,9	26,9	45,7	33,8	31,5	48,3
Carvão metalúrgico ^d	0,5	1,5	75,3	0,3	7,8	96,1	0,1	9,2	99,2
Eletricidade ^e	11,5	0,0	0,0	59,9	7,7	11,4	70,4	9,2	11,6
	57,1	18,9	24,9	148,1	43,0	22,5	162,5	50,8	23,8

Fonte: (BEN, 1998).

Notas:

^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 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.

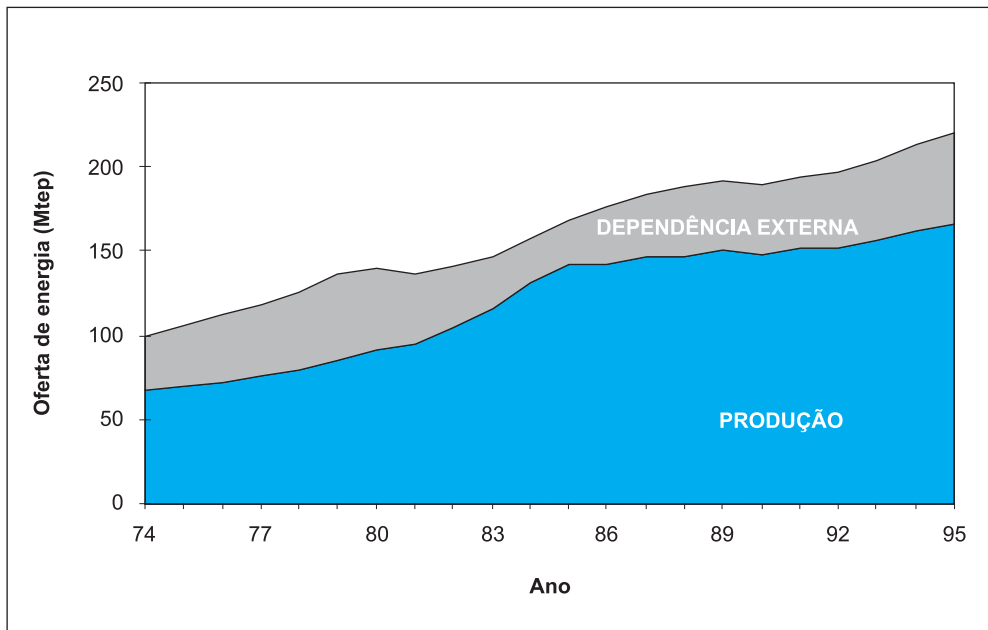
^f Energia total: a produção refere-se apenas a produtos energéticos primários domésticos; a importação inclui produtos energéticos primários e secundários importados.

(Figura 11) e a dependência externa de energia diminuir para 16% (BEN, 1998).

Tabela 6 – Dependência externa de energia

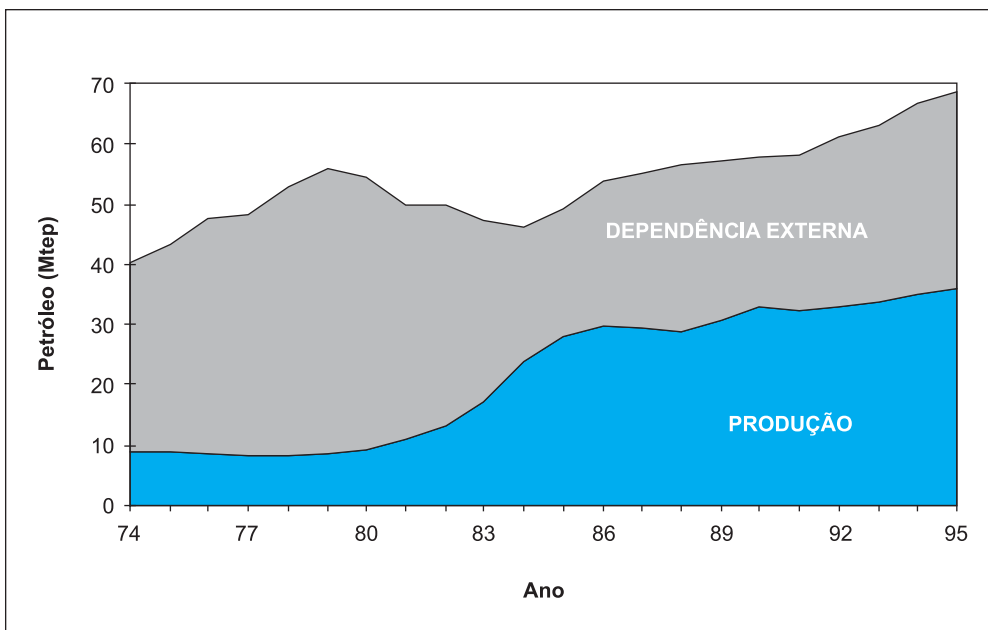
A partir de 1990, a dependência de energia externa voltou a crescer, em função do aumento das importações de carvão metalúrgico, coque, eletricidade gerada pela participação

paraguaia na Usina Hidrelétrica de Itaipu e alguns derivados de petróleo, tais como a nafta,



Fonte: (BEN, 1998).

o óleo diesel e o GLP. Com relação ao carvão metalúrgico e ao coque, é importante ressaltar



Fonte: (BEN, 1998).

que o aumento da sua dependência externa é resultante do desinteresse do setor siderúrgico em dar continuidade aos programas de utilização de carvão vegetal renovável.

Figura 10 – Dependência externa de energia (Mtep)

Figura 11 – Dependência externa de petróleo (Mtep)

2 Emissões de CO₂ Derivadas do Uso de Combustíveis Fósseis no Sistema Energético Brasileiro

Para estimar as emissões das fontes fósseis foi empregada a metodologia *top-down* desenvolvida pelo IPCC (1996), com adaptações às particularidades do sistema energético brasileiro.

O uso da metodologia *top-down* permite calcular as emissões de CO₂ em função apenas de dados sobre a oferta de energia do país. Consiste de um balanço da produção doméstica de combustíveis primários, das importações líquidas de combustíveis primários e secundários e da variação interna dos estoques desses combustíveis. A metodologia supõe que, uma vez introduzido na economia nacional, em um determinado ano, o carbono contido num combustível ou é liberado para a atmosfera ou é retido de alguma forma (como, por exemplo, através do aumento do estoque do combustível, da incorporação a produtos não energéticos ou da sua retenção parcialmente inoxidado). A grande vantagem da metodologia *top-down*, portanto, é não necessitar informações detalhadas de como o combustível é utilizado pelo usuário final ou por quais transformações intermediárias ele passa antes de ser consumido. Uma descrição detalhada da metodologia *top-down* do IPCC, bem como as adaptações nela introduzidas para que fossem consideradas as características particulares do sistema energético brasileiro estão apresentadas no Anexo I deste relatório.

Deve-se ressaltar que este trabalho se preocupa apenas com as emissões de CO₂ resultantes do consumo de combustíveis no sistema energético. Não é seu escopo determinar as emissões fugitivas de outros gases de efeito estufa durante a produção, armazenamento,

⁷ Mt C = megatonelada de carbono = 1 milhão de toneladas de carbono.

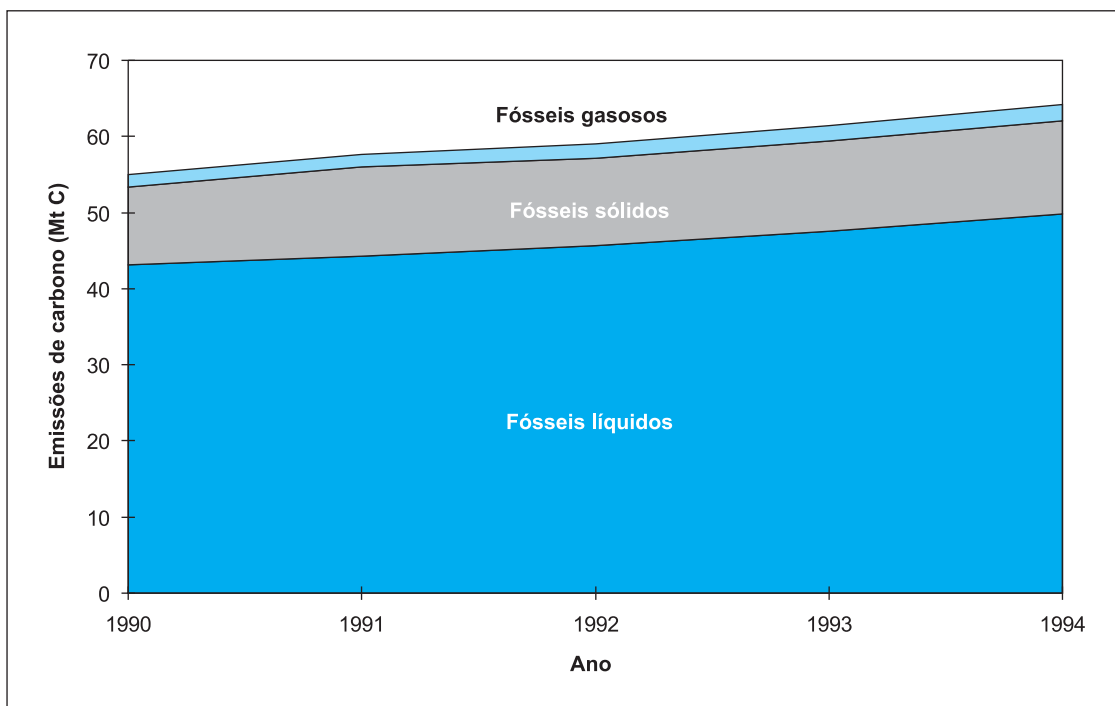
distribuição e uso da energia.

FONTE	Ano									
	1990		1991		1992		1993		1994	
	GgC ⁸	%	GgC	%	GgC	%	GgC	%	GgC	%
<i>Fósseis líquidos</i>	43045	77,8	44311	76,2	45590	76,9	47398	76,8	49815	77,2
Petróleo	50406	91,1	49494	85,1	50759	85,6	51339	83,2	52574	81,5
Líquidos de gás natural	653	1,2	719	1,2	712	1,2	712	1,2	750	1,2
Gasolina	-1420	-2,6	-953	-1,6	-1356	-2,3	-2515	-4,1	-1702	-2,6
Querosene de aviação	-455	-0,8	-414	-0,7	-315	-0,5	-289	-0,5	-211	-0,3
Querosene iluminante	-10	0,0	3	0,0	-49	-0,1	-60	-0,1	-28	0,0
Óleo diesel	279	0,5	1268	2,2	1349	2,3	2583	4,2	1538	2,4
Óleo combustível	-1595	-2,9	-1822	-3,1	-1596	-2,7	-800	-1,3	113	0,2
GLP	1000	1,8	1122	1,9	1231	2,1	1049	1,7	1388	2,2
Nafta	-3109	-5,6	-2760	-4,7	-2597	-4,4	-2470	-4,0	-2122	-3,3
Asfalto	-1130	-2,0	-880	-1,5	-1097	-1,9	-985	-1,6	-1186	-1,8
Lubrificantes	-280	-0,5	-254	-0,4	-378	-0,6	-299	-0,5	-290	-0,5
Coque de petróleo	-21	0,0	-2	0,0	-8	0,0	15	0,0	-19	0,0
Outros produtos de petróleo	-1272	-2,3	-1209	-2,1	-1063	-1,8	-882	-1,4	-987	-1,5
<i>Fósseis sólidos</i>	10232	18,5	11816	20,3	11526	19,4	11929	19,3	12284	19,0
Carvão metalúrgico	8272	14,9	8523	14,7	8552	14,4	9096	14,7	8989	13,9
Carvão vapor	2082	3,8	2590	4,5	2196	3,7	1944	3,1	2101	3,3
Alcatrão	-87	-0,2	-94	-0,2	-39	-0,1	-44	-0,1	-60	-0,1
Coque	-35	-0,1	797	1,4	817	1,4	933	1,5	1256	1,9
<i>Fósseis gasosos</i>	1889	3,4	1835	3,2	1992	3,4	2192	3,5	2266	3,5
Gás natural seco	1889	3,4	1835	3,2	1992	3,4	2192	3,5	2266	3,5
<i>Outras fontes primárias^a</i>	174	0,3	189	0,3	201	0,3	219	0,4	161	0,2
<i>Total – fósseis</i>	55339	100,0	58151	100,0	59309	100,0	61737	100,0	64527	100,0

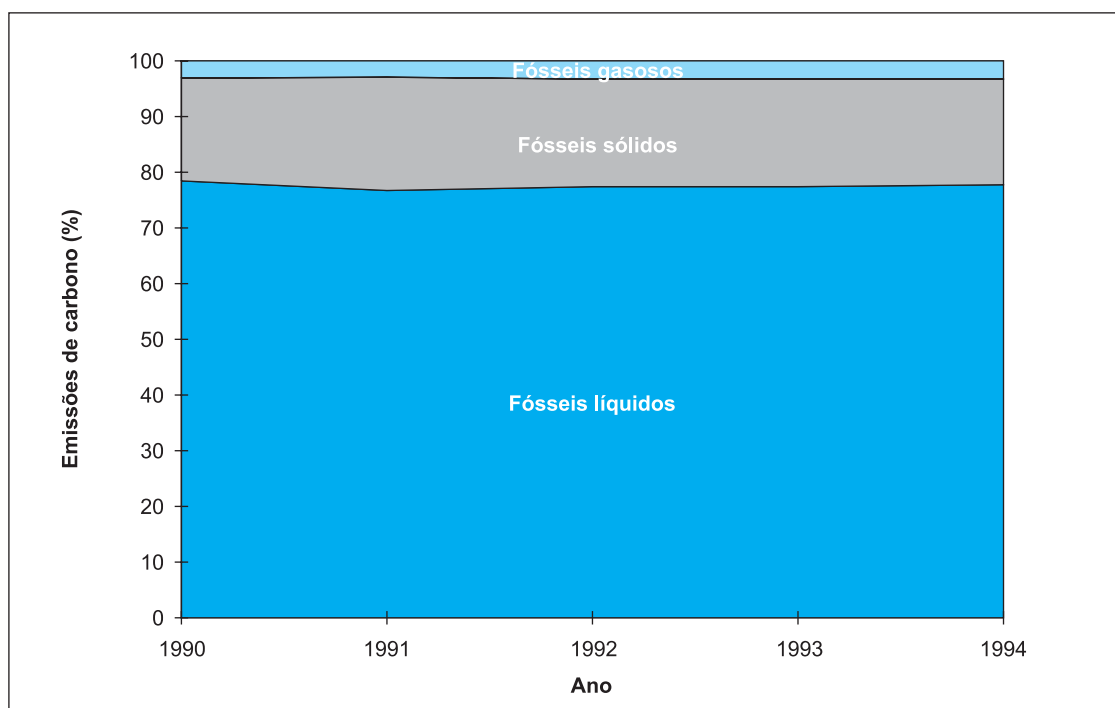
^a Compreende fontes primárias com diferentes estados físicos.

⁸ 1 Gg C (gigagrama de carbono) = 10⁹ gramas de carbono = 10³ toneladas = 10⁻³ Mt C

Os resultados detalhados dos cálculos das emissões de CO₂ do sistema energético brasileiro,



para os anos de 1990 a 1994, estão apresentadas no Anexo II deste relatório. Os principais



resultados obtidos encontram-se sumarizados na Tabela 7, e a evolução temporal das emissões nas Figuras 12 e 13, em Mt C⁷ e percentual, respectivamente.

Tabela 7 – Emissões de CO₂ de fontes fósseis no sistema energético brasileiro

Figura 12 – Emissões de carbono de combustíveis fósseis (Mt C)

Figura 13 – Emissões de carbono de combustíveis fósseis (%)

Através dos dados apresentados, verifica-se a predominância (≈ 76 a 78% , conforme o ano) das emissões dos combustíveis líquidos, restritas praticamente às emissões dos derivados de petróleo. O segundo lugar é ocupado pelas emissões dos combustíveis sólidos (≈ 19 a 20% , conforme o ano), que têm como origem principal o carvão metalúrgico importado para ser transformado em coque. As emissões dos combustíveis gasosos, dominadas pelo gás natural, apesar de crescentes ao longo do período, contribuem pouco para as emissões totais ($\approx 3,5\%$).

Conforme demonstram os resultados encontrados, as emissões totais de CO₂ provenientes da queima de combustíveis fósseis evoluíram de cerca de 55,3 Mt C^{9, 10}, em 1990, para 64,5 Mt C, em 1994, o que representa um aumento de aproximadamente 17%, ou seja, uma média anual de 4%. Conforme mostra a Tabela 8, a evolução das emissões, no entanto, não ocorreu de forma uniforme, apresentando aumento inferior à média anual no ano de 1992. A evolução não foi uniforme, tampouco, para todos os tipos de combustíveis, devendo ser notado um maior crescimento das emissões dos combustíveis sólidos no ano de 1991, dos combustíveis gasosos nos anos de 1992 e 1993 e dos líquidos em 1994 (vide Figura 14).

É ainda interessante comparar o comportamento das emissões de carbono dos combustíveis fósseis, da oferta interna bruta de energia e do consumo de energia final. As Tabelas 9 e 10 apresentam, respectivamente, a oferta interna bruta de energia e a sua variação anual e as Tabelas 11 e 12 apresentam, respectivamente, o consumo de energia final e a sua variação anual, para o período de interesse (1990-1994). Uma comparação da variação anual das emissões de carbono, apresentada na Tabela 8, com aquelas da oferta interna bruta e do consumo de energia final, apresentadas nas Tabelas 10 e 12, respectivamente, mostra que o crescimento das emissões, de 16,6% no período de 1990 a 1994, superou o crescimento

⁹ As emissões aqui apresentadas estão expressas em massa de carbono emitida. Sua conversão para massa de CO₂ é efetuada multiplicando-as pela razão entre os pesos moleculares do CO₂ e do carbono (44/12).

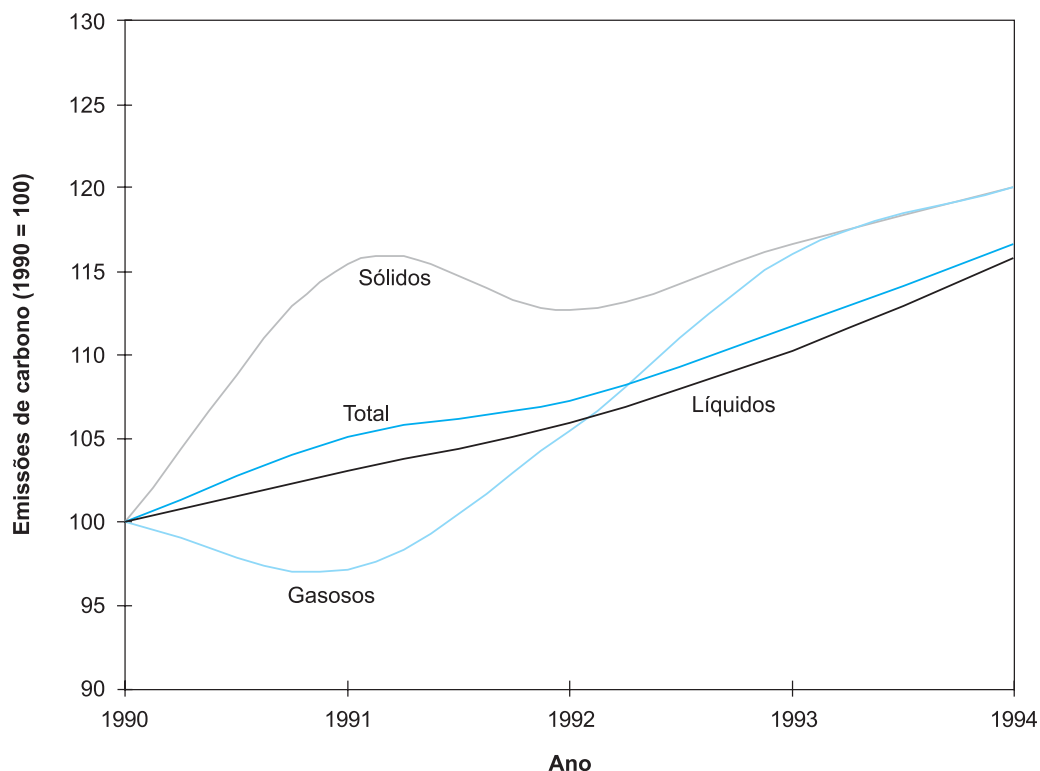
¹⁰ Mt C (megatonelada de carbono) = 1 milhão de toneladas de carbono = 10³ Gg C.

daqueles dois parâmetros indicadores da oferta e da demanda de energia no país, os quais tiveram crescimento de 12,6% e 12,7% no mesmo período. Isso indica um aumento da

FONTE	ANO				
	1990-1991	1991-1992	1992-1993	1993-1994	1990-1994
	VARIAÇÃO (%)				
<i>Fósseis líquidos</i>	2,9	2,9	4,0	5,1	15,7
Petróleo	-1,8	2,6	1,1	2,4	4,3
Líquido de gás natural	10,1	-0,9	0,0	5,3	14,9
Gasolina	-32,9	42,2	85,5	-32,3	19,9
Querosene de aviação	-9,1	-23,8	-8,2	-26,9	-53,6
Querosene iluminante	-133,3	-1575,0	22,0	-52,8	183,3
Óleo diesel	354,2	6,4	91,5	-40,5	450,8
Óleo combustível	14,2	-12,4	-49,9	-114,1	-107,1
GLP	12,2	9,7	-14,8	32,3	38,8
Nafta	-11,2	-5,9	-4,9	-14,1	-31,8
Asfalto	-22,1	24,7	-10,2	20,4	5,0
Lubrificantes	-9,1	48,7	-20,9	-2,8	3,8
Coque de petróleo	-88,9	250,0	-285,7	-223,1	-11,1
Outros produtos de petróleo	-5,0	-12,0	-17,1	12,0	-22,4
<i>Fósseis sólidos</i>	15,5	-2,5	3,5	3,0	20,1
Carvão metalúrgico	3,0	0,3	6,4	-1,2	8,7
Carvão vapor	24,4	-15,2	-11,5	8,0	0,9
Alcatrão	8,4	-58,6	12,5	37,0	-30,8
Coque	-2392,9	2,5	14,1	34,6	-3710,7
<i>Fósseis gasosos</i>	-2,8	8,5	10,0	3,4	19,9
Gás natural seco	-2,8	8,5	10,0	3,4	19,9
<i>Outras fontes primárias^a</i>	8,8	6,3	9,1	-26,4	-7,1
<i>Total – fósseis</i>	5,1	2,8	4,1	4,5	16,6

^a Compreende fontes primárias com diferentes estados físicos.

intensidade de carbono no sistema energético brasileiro. Cabe ressaltar que o crescimento do consumo de combustíveis fósseis sólidos decorre do aumento recente das importações



de coque e de uma maior penetração da gasolina frente ao uso do álcool automotivo de

FONTE	ANO									
	1990		1991		1992		1993		1994	
	Mtep	%	Mtep	%	Mtep	%	Mtep	%	Mtep	%
Fósseis líquidos	58	31	59	31	61	31	63	31	67	32
Fósseis sólidos	10	5,1	11	5,6	11	5,4	11	5,4	11	5,3
Fósseis gasosos	3,3	1,8	3,3	1,7	3,5	1,8	3,8	1,9	4,0	1,9
Outras fontes primárias ^a	0,20	0,11	0,22	0,12	0,24	0,12	0,26	0,13	0,19	0,09
Total fósseis	71	38	74	38	75	39	78	39	82	39
Biomassa sólida	40	21	39	20	38	20	38	19	40	19
Biomassa líquida	8	4,3	8,4	4,3	8,4	4,3	8,8	4,4	9,3	4,4
Total biomassa	48	26	48	25	47	24	47	23	49	23
Oferta int. bruta total	187	100	193	100	194	100	201	100	211	100

^a Compreende fontes primárias com diferentes estados físicos.

origem renovável. O coque, além de possuir um fator de emissão cerca de 25% maior do que o petróleo, vem substituindo o carvão vegetal de origem renovável. A Tabela 13 e a

FONTE	ANO				
	1990-1991	1991-1992	1992-1993	1993-1994	1990-1994
	VARIACÃO (%)				
Fósseis líquidos	2,0	3,0	3,4	5,8	15,0
Fósseis sólidos	14,4	-2,9	3,4	2,8	18,1
Fósseis gasosos	-2,2	7,5	9,2	3,7	19,1
Outras fontes primárias ^a	8,8	6,3	9,1	-26,4	-7,1
<i>Total fósseis</i>	3,5	2,3	3,7	5,2	15,5
Biomassa sólida	-2,4	-2,1	-1,6	5,4	-0,8
Biomassa líquida	3,2	0,2	5,4	5,1	14,5
<i>Total biomassa</i>	-1,4	-1,7	-0,3	5,4	1,8
<i>Oferta interna bruta total</i>	2,8	0,8	3,5	4,9	12,6

Fonte: (BEN, 1998).

^a Compreende fontes primárias com diferentes estados físicos.

Figura 15 demonstram mais claramente esses fatos.

FONTE	ANO									
	1990		1991		1992		1993		1994	
	Mtep	%	Mtep	%	Mtep	%	Mtep	%	Mtep	%
<i>Gás natural</i>	3,0	1,8	3,0	1,7	3,2	1,8	3,5	1,9	3,7	1,9
<i>Carvão mineral</i>	1,0	0,6	1,3	0,7	0,9	0,5	0,9	0,5	1,1	0,6
<i>Lenha</i>	15,4	9,1	15,2	8,7	14,5	8,2	13,6	7,5	13,6	7,1
<i>Bagaço de cana</i>	11,1	6,5	11,9	6,8	12,5	7,1	12,3	6,7	14,3	7,5
<i>Outras fontes primárias</i>	1,5	0,9	1,6	0,9	1,9	1,1	2,1	1,2	2,2	1,1
<i>Gás</i>	1,5	0,9	1,5	0,9	1,5	0,8	1,5	0,8	1,5	0,8
<i>Coque de carvão mineral</i>	5,0	3,0	6,0	3,5	6,1	3,5	6,5	3,6	6,6	3,5
<i>Eletricidade</i>	63,1	37,3	65,4	37,6	66,8	37,9	69,9	38,4	72,4	38,0
<i>Carvão vegetal</i>	6,0	3,5	5,3	3,0	4,8	2,7	5,1	2,8	5,2	2,7
<i>Álcool etílico</i>	6,0	3,5	6,1	3,5	6,0	3,4	6,4	3,5	6,8	3,6
<i>Alcatrão</i>	0,2	0,1	0,3	0,2	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1
<i>Total – derivados de petróleo</i>	55,7	32,9	56,2	32,3	57,8	32,8	59,9	32,9	63,3	33,2
<i>Óleo diesel</i>	20,3	12,0	21,1	12,2	21,6	12,2	22,3	12,2	23,2	12,1
<i>Óleo combustível</i>	9,4	5,6	8,7	5,0	9,3	5,3	10,0	5,5	10,2	5,4
<i>Gasolina</i>	7,3	4,3	7,9	4,6	7,9	4,5	8,3	4,6	9,1	4,8
<i>GLP</i>	5,5	3,3	5,5	3,2	5,8	3,3	5,9	3,2	6,0	3,1
<i>Nafta</i>	4,8	2,8	4,7	2,7	5,1	2,9	5,2	2,9	5,9	3,1
<i>Querosene</i>	2,1	1,3	2,2	1,3	2,1	1,2	2,1	1,2	2,1	1,1
<i>Outras secundárias de petróleo</i>	3,0	1,7	3,1	1,8	3,1	1,8	3,2	1,7	3,6	1,9
<i>Prod. não energéticos do petr.</i>	3,2	1,9	2,9	1,7	2,9	1,6	2,9	1,6	3,1	1,6
	169	100	174	100	176	100	182	100	191	100

Fonte: (BEN, 1998).

Tabela 8 – Variação anual das emissões de CO₂ de fontes fósseis no sistema energético brasileiro

FONTE	ANO				
	1990-1991	1991-1992	1992-1993	1993-1994	1990-1994
	VARIÇÃO (%)				
<i>Gás natural</i>	0,4	6,1	10,2	3,4	21,4
<i>Carvão mineral</i>	30,7	-28,3	3,8	16,1	13,0
<i>Lenha</i>	-1,7	-4,7	-5,8	-0,3	-12,0
<i>Bagaço de cana</i>	7,3	5,7	-2,3	16,5	29,1
<i>Outras fontes primárias</i>	8,3	20,0	10,3	3,0	47,7
<i>Gás</i>	4,1	-2,7	2,0	-2,5	0,8
<i>Coque de carvão mineral</i>	19,9	1,4	5,7	1,9	31,0
<i>Eletricidade</i>	3,5	2,3	4,6	3,6	14,8
<i>Carvão vegetal</i>	-12,0	-8,2	6,0	1,5	-13,1
<i>Álcool etílico</i>	2,0	-2,3	6,9	6,6	13,6
<i>Alcatrão</i>	22,4	-4,1	4,3	0,4	22,8
<i>Total – derivados de petróleo</i>	0,9	2,8	3,7	5,7	13,7
Óleo diesel	4,1	2,1	3,2	4,1	14,2
Óleo combustível	-7,9	6,9	7,5	2,5	8,4
Gasolina	8,3	-0,5	5,2	9,5	24,1
GLP	-0,7	5,6	0,6	2,0	7,7
Nafta	-2,7	9,1	3,3	13,0	23,8
Querosene	4,0	-6,8	3,6	-0,1	0,4
Outras secundárias de petróleo	4,1	1,4	1,6	14,8	23,2
Prod. não energéticos do petr.	-7,2	-1,5	-0,3	7,0	-2,5
	2,5	1,5	3,3	4,8	12,7

Fonte: (BEN, 1998).

Figura 14 – Emissões anuais de carbono de fontes fósseis (1990 = 100)

FONTE	ANO				
	1990-1991	1991-1992	1992-1993	1993-1994	1990-1994
	VARIACÃO (%)				
<i>Emissões totais de combustíveis fósseis</i>	5,1	2,0	4,1	4,5	16,6
<i>Oferta interna bruta total de combustíveis fósseis</i>	3,5	2,3	3,7	5,2	15,5
Emissões de combustíveis fósseis líquidos	2,9	2,9	4,0	5,1	15,7
Oferta interna bruta de combustíveis fósseis líquidos	2,0	3,0	3,4	5,8	15,0
Emissões de combustíveis fósseis sólidos	15,5	-2,5	3,5	3,0	20,1
Oferta interna bruta de combustíveis fósseis sólidos	14,4	-2,9	3,4	2,8	18,1
Emissões de combustíveis fósseis gasosos	-2,8	8,5	10,0	3,4	19,9
Oferta interna bruta de combustíveis fósseis gasosos	-2,2	7,5	9,2	3,7	19,1
<i>Oferta interna bruta total</i>	2,8	0,8	3,5	4,9	12,6
<i>Consumo final de energia</i>	2,5	1,5	3,3	4,8	12,7

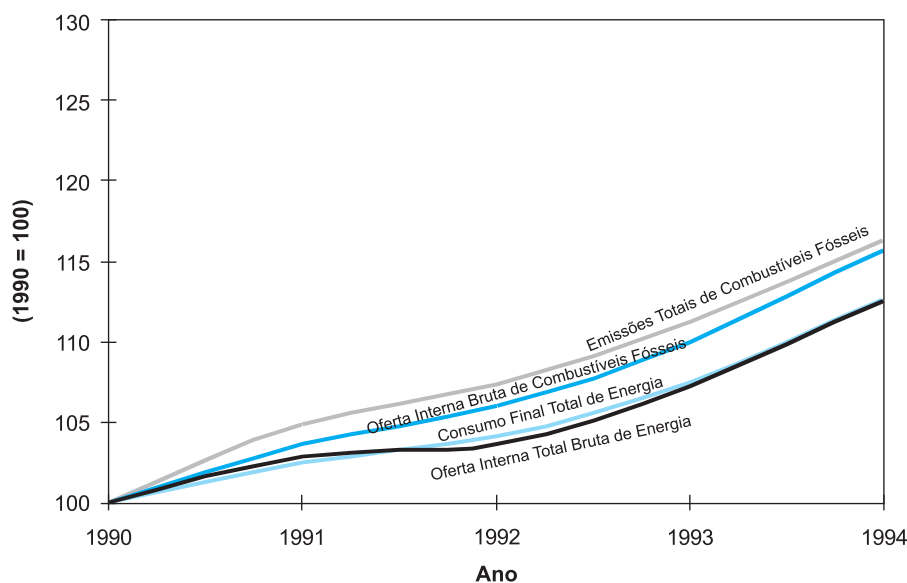
Tabela 9 – Oferta interna bruta de energia


Tabela 10 – Variação anual da oferta interna bruta de energia no sistema energético brasileiro

Tabela 11 – Consumo de energia final no sistema energético brasileiro

Tabela 12 – Variação anual do consumo de energia final no sistema energético brasileiro

Tabela 13 – Variação das emissões de carbono de combustíveis fósseis da oferta interna bruta e do consumo final de energia

Figura 15 – Emissões de carbono de combustíveis fósseis, oferta interna bruta e consumo final de energia (1990 = 100)

3 Emissões de CO₂ Derivadas do Uso da Biomassa no Sistema Energético Brasileiro

Além das emissões de CO₂ derivadas da queima de combustíveis fósseis, requeridas no inventário nacional, foram também calculadas as emissões de CO₂ provenientes da combustão da biomassa no sistema energético brasileiro. As estimativas visam atender à recomendação do IPCC de que as emissões de CO₂ da biomassa devem ser incluídas no inventário nacional de emissões do sistema energético, apenas a título de informação, 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, 1996), onde será determinado o balanço entre o carbono emitido pela biomassa removida e o carbono absorvido durante o crescimento de novas plantas. Considera-se, portanto, que a taxa de renovação da biomassa é igual ao seu consumo, sem que haja uma preocupação de identificar se é proveniente ou não de desmatamento.

Para o cálculo das emissões CO₂ da queima da biomassa, modificou-se a metodologia desenvolvida pelo IPCC. As modificações introduzidas na metodologia são descritas no Anexo I deste relatório e os cálculos detalhados efetuados são apresentados no Anexo II.

As formas de biomassa contempladas nas estimativas deste trabalho foram a lenha, o carvão, os produtos da cana-de-açúcar (bagaço de cana, melaço e caldo de cana), os álcoois anidro e hidratado, a lixívia e os resíduos vegetais.

A lenha foi desagregada em dois tipos, conforme sua forma de consumo energético: (i) a

¹¹ Adotou-se aqui a nomenclatura do Balanço Energético Nacional (BEN, 1996) para representar uma gama variada de resíduos, com composição desconhecida, utilizados na produção de energia.

lenha para a queima direta, em caldeiras, fornalhas e fornos, para produzir calor ou vapor para processos industriais ou para a autoprodução de eletricidade; e (ii) a lenha para a conversão em carvão vegetal.

A queima direta ocorre principalmente nos setores residencial, industrial e agropecuário e, em menor escala, nos setores comercial e público e na autoprodução de eletricidade.

Os álcoois anidro e hidratado somente interessam à metodologia *top-down* quando são importados, exportados ou apresentam variação de estoques.

Para os resíduos vegetais, adotou-se a hipótese de que eles incorporam 50% da energia das outras recuperações¹¹ consumidas pelas usinas autoprodutoras e pela indústria de cimento (ver Anexo I - 3.1).

As Tabelas 14 e 15 apresentam, respectivamente, as emissões da utilização da biomassa no sistema energético brasileiro e as suas variações anuais, para o período de 1990 a 1994. As Figuras 16 e 17 ilustram a evolução das emissões, em Mt C e percentual, respectivamente. A Figura 18 compara a variação das emissões da cada uma das fontes de biomassa e a Figura 19 compara as evoluções das emissões da biomassa, das emissões dos combustíveis fósseis e da oferta interna bruta total de energia do sistema energético brasileiro.

Como é evidenciado por esses dados, houve um declínio das emissões brutas da biomassa entre 1990 e 1993, seguido de uma elevação de cerca de 5% no ano 1994. A queda das emissões deveu-se principalmente à redução do consumo da lenha, seja para a sua queima direta, seja para a sua transformação em carvão vegetal. A redução do consumo da lenha para queima direta vem ocorrendo desde o início da década de 1970 devido à redução das áreas de florestas nativas e à sua substituição por outras fontes energéticas, tais como, o GLP no setor residencial das áreas rurais, o óleo combustível e o gás natural, na indústria. A redução do consumo de lenha para a conversão em carvão vegetal é um fenômeno mais recente, a partir de 1990 (vide Figura 4 e Tabela 12), quando se iniciou um processo de

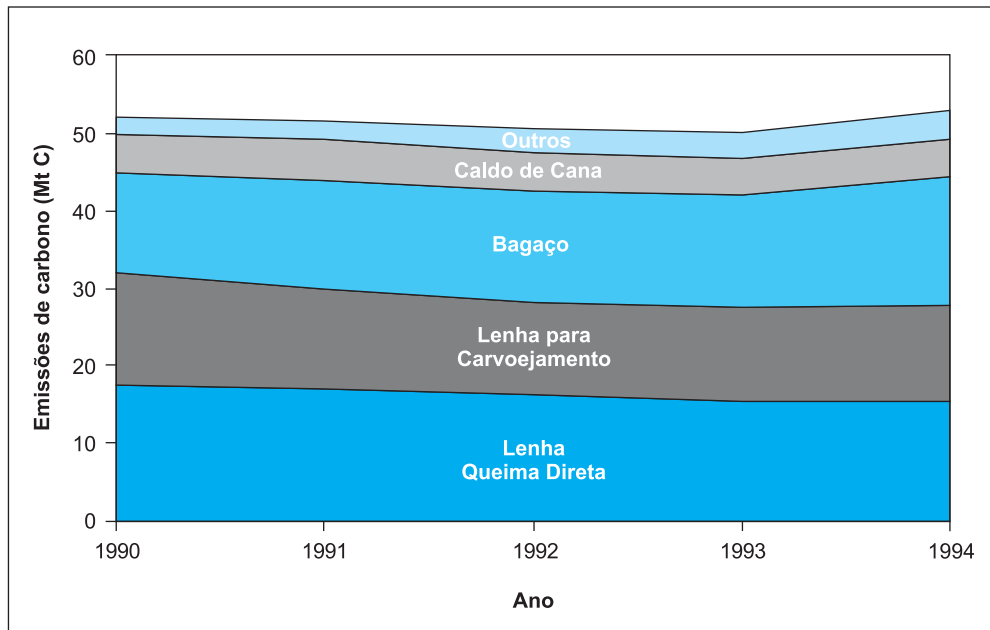
substituição do carvão vegetal pelo coque de carvão mineral na siderurgia.

FONTE	ANO									
	1990		1991		1992		1993		1994	
	GgC	(%)	GgC	(%)	GgC	(%)	GgC	(%)	GgC	(%)
<i>Biomassa sólida</i>	45 457	87	44 366	86	43 436	86	42 765	86	45 097	86
Lenha - queima direta	17 387	33,4	17 096	33,2	16 331	32,4	15 418	30,9	15 330	29,1
Lenha - para carvoejamento	14 442	27,7	12 666	24,6	11 628	23,0	12 239	34,5	12 392	23,5
Carvão vegetal							-11	-0,02	-3	-0,01
Bagaço de cana	12 939	24,8	13 890	27,0	14 647	29,0	14 307	28,6	16 665	31,6
Outros resíduos vegetais	688	1,3	714	1,4	830	1,6	812	1,6	714	1,4
<i>Biomassa líquida</i>	6 518	12,5	6 967	13,6	6 888	13,7	7 083	14,2	7 440	14,2
Caldo de cana	4 837	9,3	5 462	10,6	4 817	9,5	4 559	9,1	4 715	9,0
Melaço	682	1,3	691	1,3	766	1,5	715	1,4	893	1,7
Álcool anidro	121	0,2	-130	-0,3			-31	-0,1	108	0,2
Álcool hidratado	-220	-0,4	-298	-0,6	-180	-0,4	161	0,3	-100	-0,2
Lixívia	1 098	2,1	1 241	2,4	1 484	2,9	1 680	3,4	1 825	3,5
<i>Total – Biomassa</i>	51 975	100	51 333	100	50 324	100	49 848	100	52 538	100

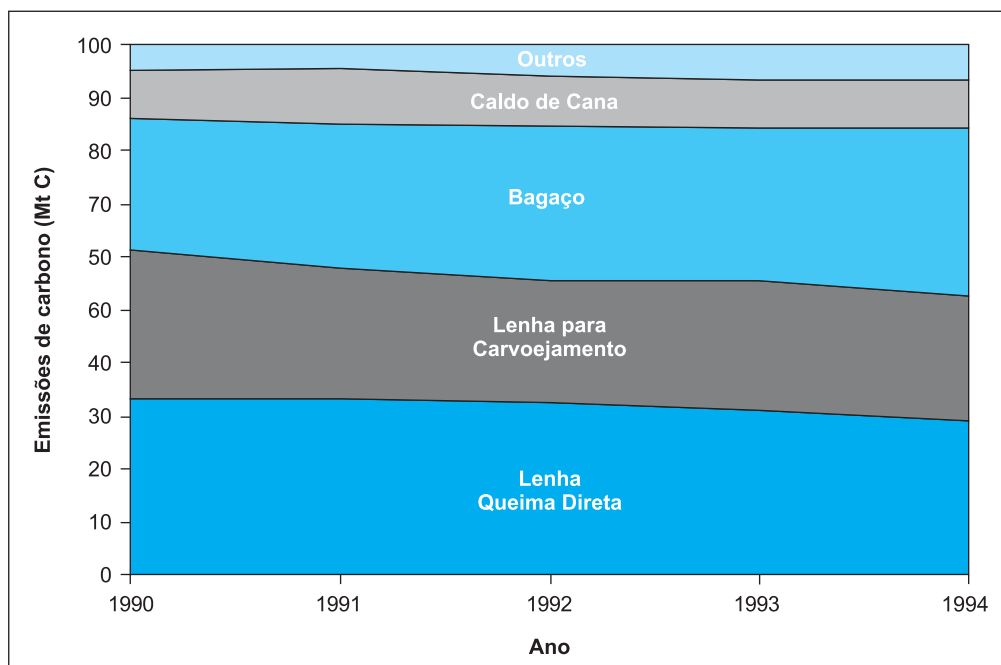
Tabela 15 – Variação anual das emissões de CO₂ da biomassa

FONTE	ANO				
	1990-1991	1991-1992	1992-1993	1993-1994	1990-1994
	VARIÇÃO (%)				
<i>Biomassa sólida</i>	-2,4	-2,1	-1,5	5,5	-0,8
Lenha - queima direta	-1,7	-4,5	-5,6	-0,6	-11,8
Lenha - conversão a carvão vegetal	-12,3	-8,2	5,3	1,2	-14,2
Carvão vegetal				-70,0	
Bagaço de cana	7,3	5,5	-2,3	16,5	28,8
Outros resíduos vegetais	3,8	16,1	-2,2	-12,0	3,7
<i>Biomassa líquida</i>	6,9	-1,1	2,8	5,0	14,2
Caldo de cana	12,9	-11,8	-5,4	3,4	-2,5
Melaço	1,4	10,8	-6,7	24,9	30,9
Álcool anidro	-207,3	-100,0		-442,0	-10,9
Álcool hidratado	35,1	-39,8	-189,6	-162,2	-54,7
Lixívia	13,0	19,6	13,2	8,7	66,2
<i>Total – Biomassa</i>	-1,2	-2,0	-0,9	5,4	1,1

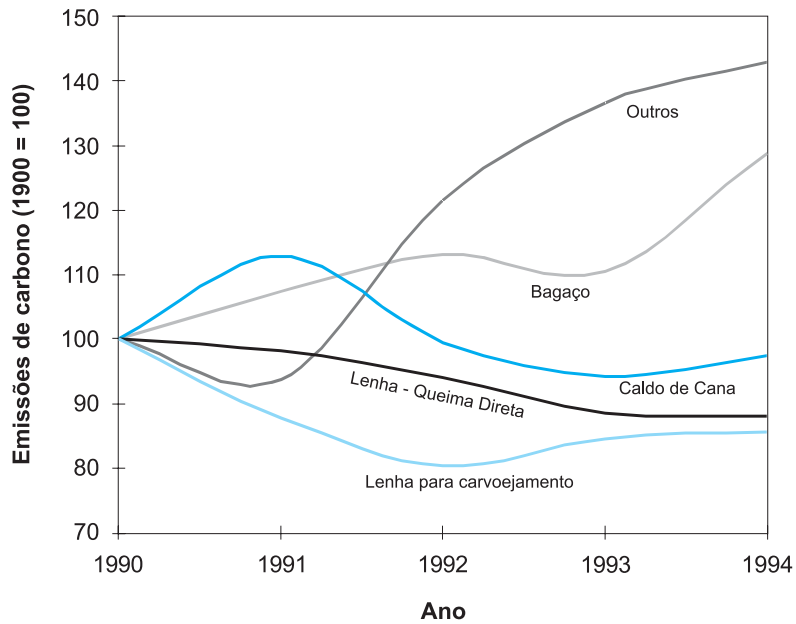
A queda de consumo de biomassa também ocorreu no caso do caldo de cana, devido à progressiva redução do consumo do álcool hidratado no transporte de passageiros. A redução



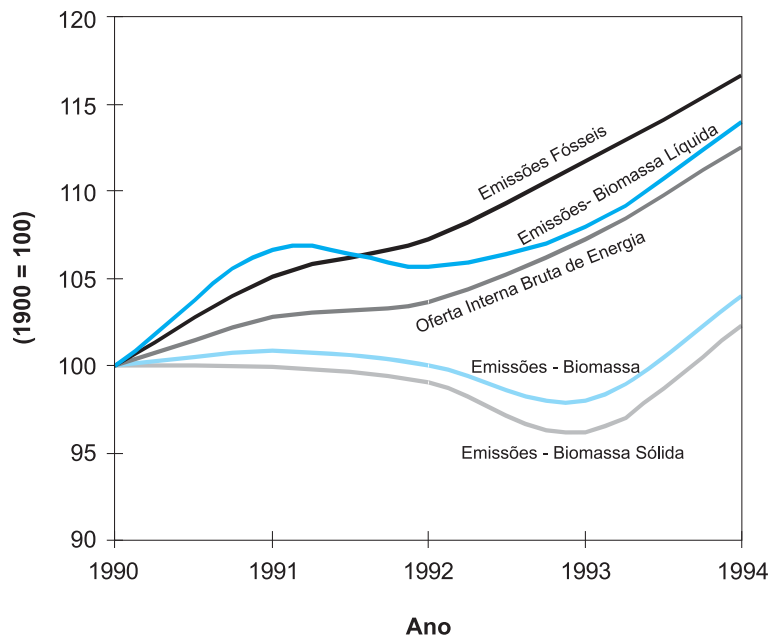
do consumo de álcool implica o aumento das emissões, como resultado da substituição do



álcool pela gasolina. A redução do consumo de álcool, no entanto, não chegou a afetar a



produção do bagaço de cana, pois a queda da produção de álcool automotivo vem sendo compensada por uma maior produção de açúcar pelo setor sucro-alcooleiro.



A Figura 19 mostra que, enquanto as emissões de fontes de biomassa líquida vem acompanhando o crescimento da oferta interna bruta de energia brasileira, as emissões de fontes sólidas e as totais tiveram um crescimento inferior.

Tabela 14 – Emissões de CO₂ da biomassa

Figura 16 – Emissões de CO₂ da biomassa (Mt C)

Figura 17 – Emissões de CO₂ da biomassa (%)

Figura 18 – Emissões de CO₂ da biomassa por fonte

Figura 19 – Emissões de carbono de combustíveis fósseis, emissões da biomassa e oferta interna bruta de energia (1990 = 100)

4 Conclusões e Recomendações

Os resultados obtidos neste trabalho demonstram que as emissões de CO₂ derivadas da queima de combustíveis fósseis no sistema energético brasileiro evoluíram de cerca de 55,3 Mt C, em 1990, para 64,5 Mt C, em 1994. Isso representa um crescimento das emissões de cerca de 16,6% no período, resultado das seguintes evoluções: 15,7% para as fontes fósseis líquidas, dominadas pelo petróleo e seus derivados, 20,1% para as fontes fósseis sólidas, dominadas pelo coque e pelo carvão metalúrgico, e 19,9% para as fontes fósseis gasosas, dominadas pelo gás natural. A fonte fóssil de maior peso nas emissões foram os combustíveis fósseis líquidos, que tiveram peso de 76 a 78% das emissões, conforme o ano, seguidos pelos combustíveis fósseis sólidos, com um peso de 18,5 a 20,5%, e pelos combustíveis fósseis gasosos, com um peso de apenas 3,2 a 3,5%. O crescimento das emissões dos combustíveis fósseis superou o aumento da oferta interna bruta total de energia no período, que foi de cerca de 13%.

Os combustíveis fósseis tiveram uma participação na oferta interna bruta total de energia ligeiramente crescente, variando de 38%, em 1990, para 39%, em 1994. Essa participação apresentou a seguinte distribuição: fontes fósseis líquidas, 31 a 32% da oferta interna bruta total de energia; fontes fósseis sólidas, 5 a 6%, e fontes fósseis gasosas, menos de 2%.

O crescimento das emissões de CO₂ dos combustíveis fósseis, acima do aumento da oferta interna bruta total de energia, indica um maior uso de combustíveis carbono-intensivos no sistema energético brasileiro, em substituição às fontes renováveis de biomassa. Exemplos são a substituição do carvão vegetal pelo coque de carvão metalúrgico, na siderurgia, da

lenha pelo GLP e pelo óleo combustível e do álcool hidratado pela gasolina.

As emissões de CO₂ derivadas do consumo da biomassa no sistema energético brasileiro tiveram apenas um pequeno aumento de 1,1%, no período de 1990 a 1994, crescendo de 52,0 Mt C, em 1990, para 52,5 Mt C, em 1994. Esse aumento foi resultante das seguintes variações: crescimento de 14% para as emissões da biomassa líquida e decréscimo de 0,8% para as emissões das fontes de biomassa sólida, composto por 13% de decréscimo para a lenha e 29% de crescimento para o bagaço da cana-de-açúcar, dominadas pelo melão e a lixo. As fontes sólidas foram as que apresentaram o maior peso nas emissões da biomassa, com participação de 86 a 87%, conforme o ano.

O crescimento modesto das emissões das fontes de biomassa (1,1%) ficou bem abaixo do aumento da oferta interna bruta total de energia, de cerca de 13%, demonstrando uma redução ou estagnação da participação relativa da biomassa no sistema energético brasileiro. As fontes de biomassa tiveram sua participação na oferta interna bruta total de energia reduzida de cerca de 24,8%, em 1990, para 22,3% em 1994. Essa redução na oferta interna bruta de energia apresentou a seguinte composição: biomassa sólida, de 21,3%, em 1990, para 19%, em 1994; e biomassa líquida, 3,5 a 3,3% durante todo o período.

As análises realizadas neste trabalho evidenciam a ocorrência de uma intensificação no uso de combustíveis fósseis no país, em substituição às fontes renováveis. O país possui ainda um considerável parque de geração hidrelétrica, que atende a cerca de 95% da demanda nacional de eletricidade. No tocante aos gases de efeito estufa, a geração hidrelétrica é, na maioria dos casos, vantajosa sobre a utilização da termelétrica. Há dúvidas, no entanto, se o país dará continuidade ao programa de aproveitamento do seu potencial hidrelétrico. Por um lado, a presença de novos agentes privados no setor elétrico tende a privilegiar a construção de usinas termelétricas que, apesar de possuírem maiores custos totais de geração, requerem menores investimentos e, conseqüentemente, permitem prazos mais curtos para o retorno do capital. Por outro lado, grande parte do potencial hidrelétrico brasileiro situa-se na Região Amazônica, onde se teme que um programa intensivo de implantação de hidrelétricas possa acarretar impactos ambientais irreversíveis à floresta, incluindo efeitos sobre a sua biodiversidade.

O uso do álcool automotivo, produzido da cana-de-açúcar, utilizado puro ou adicionado à gasolina, é outra vantagem brasileira. Como o álcool é um produto renovável, sua emissão líquida de CO₂ é nula. Adicionalmente, o processo de fabricação de álcool produz o bagaço de cana que, se no passado era um subproduto em grande parte descartado pelas destilarias, hoje constitui-se em importante fonte de energia, com emprego tanto na geração de calor

quanto na de eletricidade.

Sob o ponto de vista das emissões de CO₂, a produção de álcool automotivo a partir da cana-de-açúcar é extremamente vantajosa, se comparada a outras culturas para esse fim, pois a queima do bagaço atende a todo o calor necessário ao processo industrial da produção do álcool (existindo até mesmo um excedente de bagaço). Outros países, que produzem álcool a partir do milho, por exemplo, empregam óleo combustível no processo industrial, produzindo emissões líquidas de CO₂ no ciclo de produção e uso do álcool.

Apesar do álcool ser o único combustível renovável com um programa de âmbito nacional implantado com sucesso no mundo, o seu futuro depende hoje das discussões sobre a sua economicidade. A desregulamentação do setor energético está eliminando o álcool hidratado, cujo custo é superior ao da gasolina, devido ao atual preço do petróleo. A produção de carros a álcool, que chegou a atender 90% das vendas de veículos novos, em meados da década de 80, caiu virtualmente para zero em 1997.

A lenha, apesar do recente declínio de seu consumo, tem ainda uma importante participação no sistema energético brasileiro, através da sua queima direta ou da sua transformação em carvão vegetal. Embora a penetração do GLP venha deslocando a lenha no setor residencial rural, ela ainda é bastante utilizada para cocção e aquecimento d'água.

O emprego do carvão vegetal em grande escala é mais uma particularidade do sistema energético brasileiro. Até recentemente, o uso do carvão vegetal tinha um peso importante no setor siderúrgico brasileiro. A queda das barreiras à importação do carvão metalúrgico e do coque siderúrgico, com custos atuais menores que o carvão vegetal, vem servindo como um desestímulo aos projetos de reflorestamento para a produção de carvão vegetal.

Esses fatos demonstram que a manutenção da atual vantagem comparativa do país depende de escolhas futuras quanto à sua estrutura industrial, aos investimentos destinados ao aumento da eficiência energética e ao perfil de sua matriz energética.

Portanto, deve-se repensar a nova regulamentação do setor energético, evitando-se que o país perca as suas vantagens comparativas decorrentes do uso de energia renovável em grande escala e prevenindo-se que o país siga pelo mesmo caminho por onde hoje os países desenvolvidos tentam retornar.

Ficou patente, na elaboração dos cálculos das emissões de CO₂ do sistema energético brasileiro, a necessidade da coleta e validação dos vários coeficientes físicos necessários

à metodologia empregada, dentre os quais incluem-se:

- Poder calorífico inferior dos combustíveis;
- Fator de emissão de carbono dos combustíveis;
- Fator de carbono estocado dos combustíveis;
- Fração oxidada na combustão dos combustíveis.

Muitos desses dados existem dispersos na literatura técnica. No entanto, o seu emprego requer uma verificação de sua validade com relação às características físico-químicas dos combustíveis utilizados neste trabalho, que tiveram como base o Balanço Energético Nacional. Na ausência desses dados, este trabalho lançou mão de valores recomendados pelo IPCC, os quais talvez não reflitam exatamente as condições de produção e uso da energia no país, ou fez uso de aproximações ou hipóteses que merecem investigações mais aprofundadas.

5 Referências Bibliográficas

ABRACAVE - Associação Brasileira de Florestas Renováveis, 1996. *Anuário Estatístico*.

DNDE/MME, 1996 - *Balanço Energético Nacional, Brasília*.

DNDE/MME, 1998 - *Balanço Energético Nacional, Brasília*.

ANEXO I

Índice

	Página	
I - 1	Introdução	51
I - 2	Descrição da Metodologia do IPCC	51
I - 3	Determinação do Consumo Aparente de Combustível	53
I - 3.1	Produção	56
I - 3.2	<i>International bunkers</i>	58
I - 3.3	Exportações e importações	58
I - 3.4	Variação de estoques	59
I - 4	Conversão para uma Unidade Comum de Energia	59
I - 5	Fatores de Emissão de Carbono	62
I - 6	Determinação do Carbono Estocado	63
I - 6.1	Quantidade de combustíveis com uso não energético	64
I - 6.2	Fração de carbono estocada	64
I - 7	Correção dos Valores para Considerar Combustão Incompleta	65
I - 8	Conversão do Carbono Oxidado em Emissões de CO ₂	69
I - 9	Referências Bibliográficas	75

Lista de Figuras

	Página
Figura 1 – Fluxograma simplificado da metodologia <i>top-down</i> para cálculo das emissões de CO ₂ para o sistema energético	52
Figura 2 – Diagrama simplificado do processo de produção e consumo do carvão vegetal	67

Lista de Tabelas

	Página
Tabela 1 – Lista dos combustíveis - compatibilização	54
Tabela 2 – Energia embarcada em <i>bunkers</i> internacionais	58
Tabela 3 – Fatores de conversão TJ/1000 tep	61

I - 1 Introdução

Visando calcular as emissões de carbono do sistema energético brasileiro, adaptou-se a metodologia *top-down* recomendada pelo IPCC (1996), para as características particulares do sistema energético brasileiro. A metodologia *top-down* permite calcular as emissões de CO₂ usando apenas dados sobre a oferta de energia do país sem o detalhamento de como essa energia é consumida. Ela envolve a contabilização da produção doméstica de combustíveis primários, das importações e exportações de combustíveis primários e secundários e da variação interna dos estoques desses combustíveis. A metodologia supõe que, uma vez introduzido na economia nacional, em um determinado ano, o carbono contido em um combustível fóssil ou é emitido para a atmosfera ou é retido de alguma forma (por exemplo, através do aumento do estoque do combustível, da sua transformação em produtos não energéticos ou da sua retenção parcial inoxidado nos resíduos da combustão).

Por necessitar ser genérica o suficiente para ser utilizada como uma base de referência, a metodologia do IPCC não cobre aspectos específicos dos sistemas energéticos de todos os países. Portanto, para a obtenção de resultados coerentes com a situação real de um dado país, torna-se necessário adaptar a metodologia às características particulares de seu sistema energético.

Este anexo descreve a metodologia do IPCC e as adaptações nela efetuadas para incorporar as particularidades do sistema energético brasileiro, e apresenta as hipóteses e os dados empregados no cálculo do inventário de suas emissões de CO₂.

I - 2 Descrição da Metodologia do IPCC

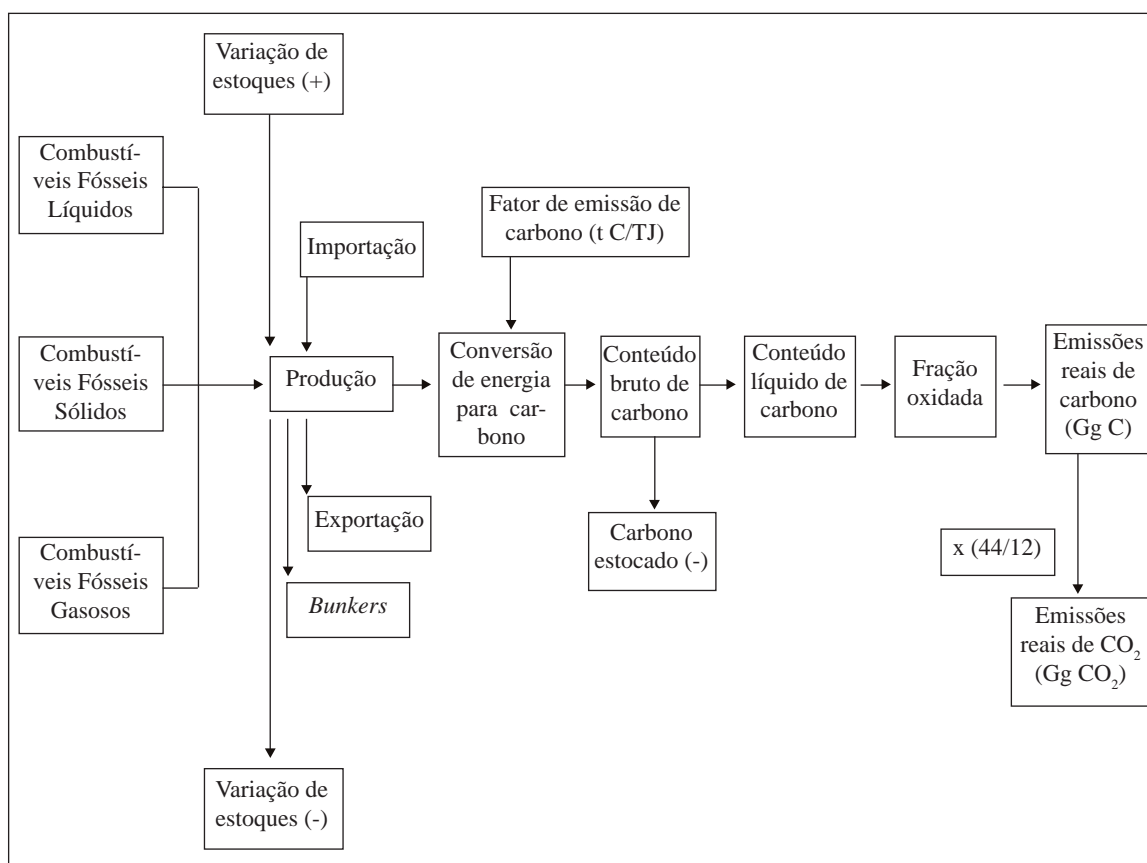
O emprego da metodologia *top-down* do IPCC abrange os seguintes passos:

- 1) Determinação do consumo aparente dos combustíveis, nas suas unidades de medida originais;
- 2) Conversão do consumo aparente para uma unidade de energia comum, terajoules (TJ);
- 3) Transformação do consumo aparente de cada combustível em conteúdo de carbono, mediante a sua multiplicação pelo fator de emissão de carbono do combustível;

- 4) Determinação da quantidade de carbono de cada combustível destinada a fins não energéticos e a dedução dessa quantidade do carbono contido no consumo aparente, para se computar o conteúdo real de carbono possível de ser emitido;
- 5) Correção dos valores para se considerar a combustão incompleta do combustível, para se computar a quantidade de carbono realmente oxidada na combustão;
- 6) Conversão da quantidade de carbono oxidada em emissões de CO₂.

A seqüência desses passos está apresentada no fluxograma da Figura 1.

Figura 1 – Fluxograma simplificado da metodologia *top-down* para cálculo das emissões



de CO₂ para o sistema energético

Matematicamente, a emissão anual de CO₂ decorrente do uso de uma determinada fonte de energia pode ser determinada através da seguinte equação:

$$\omega = 10^{-3} \cdot \{[(\alpha + \beta - \chi - \delta - \varepsilon) \cdot \phi \cdot \gamma] - \eta\} \cdot \lambda \cdot 44/12 \quad \text{Eq. 1}$$

onde:

ω = emissão anual real de CO₂ (Gg CO₂)

α = produção anual doméstica de energia primária, medida em unidade original

β = importação anual de energia primária e secundária, medida em unidade original

χ = exportação anual de energia primária e secundária, medida em unidade original

δ = energia anualmente embarcada em *bunkers* internacionais, medida em unidade original

ε = variação anual dos estoques de energia (positiva, caso haja aumento dos estoques), medida em unidade original

ϕ = fator de conversão da unidade original para terajoules (TJ/unidades originais)

γ = fator de emissão de carbono por unidade de energia contida no combustível (t C/TJ)

η = quantidade anual de carbono estocada em produtos não energéticos (t C)

λ = fração do carbono realmente oxidado na combustão

I - 3 Determinação do Consumo Aparente de Combustível

O consumo aparente de um dado combustível representa a quantidade de combustível disponível para uso interno no país. Para os combustíveis primários, sua determinação é feita através da seguinte equação:

$$\text{Consumo Aparente} = \theta = \alpha + \beta - \chi - \delta - \varepsilon$$

Eq. 2

onde os termos dessa equação foram definidos na Equação 1.

Essa equação é também utilizada para fontes de energia secundária, com exceção de que, nesse caso, o termo α será nulo.

Neste trabalho, a principal fonte de dados utilizada para a determinação do consumo aparente do país foi o Balanço Energético Nacional (BEN, 1998). Essas informações foram complementadas por informações do Sistema do Balanço Energético (SIBE) e modificadas

por algumas hipóteses feitas no âmbito do próprio trabalho.

No quadro abaixo, listamos os combustíveis em três colunas denominadas, respectivamente, de IPCC, MCT-Cálculo e MCT-IPCC. Na coluna IPCC, estão listados os combustíveis solicitados pelo IPCC. Na segunda coluna, MCT-Cálculo, estão listados os combustíveis como foram desagregados para a elaboração dos cálculos das emissões. Na última coluna, MCT-IPCC, os combustíveis foram reagrupados no formato em que foram introduzidos

		IPCC	MCT - Cálculo	MCT - IPCC	
FOSSIL FUELS	Liquid Fossil	Primary Fuels	Crude Oil	Petróleo (a)	Crude Oil
			Orimulsion (c)		
			Natural Gas Liquids	Líquidos de Gás Natural (b)	Natural Gas Liquids
		Secondary Fuels	Gasoline	Gasolina (a)	Gasoline
			Jet Kerosene	Querosene Aviação (d)	Jet Kerosene
			Other Kerosene	Querosene Iluminante (d)	Other Kerosene
			Shale Oil (c)		
			Gas / Diesel Oil	Óleo Diesel	Diesel Oil
			Residual Fuel Oil	Óleo Combustível (a)	Residual Fuel Oil
			LPG	GLP (a)	LPG
			Ethane (c)		
			Naphtha	Nafta (a)	Naphtha
			Bitumen	Asfalto (d)	Bitumen
			Lubricants	Lubrificantes (d)	Lubricants
			Petroleum Coke	Coque de Petróleo (d)	Petroleum Coke
			Refinery Feedstocks (c)		
			Other Oil	Gás de Refinaria (d) Outros Produtos Secundários de Petróleo (d) Outros Produtos Não Energéticos de Petróleo (d)	Other Oil
		Solid Fossil	Primary Fuels	Anthracite (c)	
	Coking Coal			Carvão Metalúrgico (a)	Coking Coal
	Other Bit. Coal (c)			Carvão Vapor (e)	Steam Coal
	Sub-bit Coal (c)				
	Lignite (c)				
	Secondary Fuels		Oil Shale (c)		
			Peat (c)	Outras Primárias Fósseis (e)	Other Primary Fossil Fuels
			BKB & Patent Fuel (c)	Alcatrão (e)	
			Coke Oven/Gas Coke	Coque de Carvão Mineral (a)	Tars
Gaseous Fossil	Natural Gas (Dry)	Gás Natural (b)	Coke		
BIOMASS	Solid Biomass	Lenha para Queima Direta (f)		Solid Biomass	
		Lenha para Carvoejamento (f)			
		Bagaço (f)			
		Resíduos Vegetais (f)			
		Carvão Vegetal (f)			
	Liquid Biomass	Caldo de Cana (f)		Liquid Biomass	
		Melaço (f)			
		Álcool Etilíco Anidro (f)			
		Álcool Etilíco Hidratado (f)			
		Lixívia (f)			
Gas Biomass (c)					

nas planilhas do software do IPCC.

Tabela 1 – Lista dos combustíveis - compatibilização

Dentre os combustíveis listados encontramos seis classes de combustíveis:

a) combustíveis que mantêm a mesma classificação do IPCC e que são obtidos diretamente do BEN – **Petróleo, Gasolina, Óleo Diesel, Óleo Combustível, GLP, Nafta, Carvão Metalúrgico, Coque de Carvão Mineral;**

b) combustíveis que foram obtidos no BEN mas exigiram um cálculo suplementar – **Líquidos de Gás Natural e Gás Natural Seco;**

c) combustíveis que foram excluídos – *Orimulsion, Shale Oil, Ethane, Refinery Feedstocks, Anthracite, Other Bituminous Coal, Sub-Bituminous Coal, Lignite, Oil Shale, Peat, BKB & Patent Fuel e Gas Biomass;*

- Os combustíveis acima foram excluídos da relação de combustíveis já que não constam do BEN.

d) combustíveis desagregados a partir de dados obtidos no SIBE;

- Do “Querosene” obtemos **Querosene de Aviação e Querosene Iluminante.**
- Do “Não Energéticos do Petróleo” obtemos **Asfalto, Lubrificantes e Outros Não-Energéticos de Petróleo.**
- Do “Outras Secundárias do Petróleo” obtemos **Coque de Petróleo, Gás de Refinaria** e o restante é agregado a uma categoria denominada **Outros Produtos Secundários de Petróleo.**

e) combustíveis acrescentados à lista do IPCC – **Carvão Vapor, Alcatrão e Outras Primárias Fósseis;**

IPCC	MCT
Biomassa Sólida	Lenha para Queima Direta (<i>Firewood Direct Burning</i>) Lenha para Carvoaria (<i>Firewood for Charcoal Making</i>) Bagaço (<i>Sugar Cane Bagasse</i>) Resíduos Vegetais (<i>Vegetal Residues</i>) Carvão Vegetal (<i>Charcoal</i>)
Biomassa Líquida	Caldo de Cana (<i>Sugar Cane Juice</i>) Melaço (<i>Molasses</i>) Álcool Anidro (<i>Anhydrous Ethanol</i>) Álcool Hidratado (<i>Hydrous Ethanol</i>) Lixívia (<i>Black Liquor</i>)

f) combustíveis substituídos num nível mais desagregado que no IPCC, como no quadro abaixo:

Foram realizadas as seguintes adequações com relação à metodologia do IPCC:

I - 3.1 Produção

Como já foi dito, só é contabilizada a produção de combustíveis primários na abordagem *top-down*.

Alguns combustíveis foram obtidos diretamente do BEN. São eles: **Petróleo, Carvão Metalúrgico e Carvão Vapor.**

O IPCC distingue entre **Líquidos de Gás Natural (LGN)** e **Gás Natural Seco (GNS)**. Essa distinção, entretanto, não é feita explicitamente no BEN. A produção de gás natural (GN) a que se refere a metodologia do IPCC não corresponde à produção de gás natural do BEN (GN*). Para o IPCC, a produção de gás natural não inclui o gás que é reinjetado e o não aproveitado (liberado para a atmosfera ou queimado em *flares*), sendo portanto igual à produção nacional de gás natural subtraída das quantidades de gás reinjetado (G_{re}) e não aproveitado (G_{na}), como mostra a equação abaixo.

$$GN = GN^* - G_{na} - G_{re}$$

Eq. 3

A produção de líquidos de gás natural (LGN), no entanto, pode ser obtida a partir do BEN. Ela é a soma do fluxo de gás natural que é processado nas plantas de gás natural (GN_{plan}) para a produção de derivados líquidos com a quantidade destinada a outras transformações (GN_{tran}).

$$LGN = GN_{plan} + GN_{tran}$$

Eq. 4

A energia contida nos líquidos de gás natural deve então ser subtraída da energia total do gás natural produzido para fornecer o conteúdo energético do gás natural seco.

$$GNS = GN - LGN$$

Eq. 5

No BEN, podemos obter a produção da lenha (L) e a quantidade que é consumida nas carvoarias - **Lenha para Carvoejamento** (L_c). Por diferença calculamos a lenha que vai para a queima direta - **Lenha para Queima Direta** (L_d).

$$L_d = L - L_c$$

Eq. 6

Para os derivados dos produtos da cana, obtemos no SIBE os valores para a produção dos seguintes combustíveis: **Bagaço, Caldo de Cana e Melaço**.

Para a contabilização das outras formas de energia incluídas na categoria outras primárias do BEN, além da lixívia e dos resíduos vegetais foi inserida uma nova categoria que agrega as outras fontes primárias fósseis.

A **Lixívia** (L) é obtida a partir de “Outras Fontes Primárias” no SIBE.

Outras Primárias Fósseis (OPF) agrega 50% do consumo de resíduos vegetais da indústria de cimento mais 50% do item outras recuperações do consumo das centrais elétricas autoprodutoras.

Os **Resíduos Vegetais** (RV) que são contabilizados na planilha correspondem aos resíduos vegetais do SIBE (RV*) subtraídos da sua parte fóssil e da lixívia.

$$RV = RV^* - L - OPF$$

Eq. 7

A Tabela 7 com os dados do SIBE utilizados na elaboração dos cálculos das emissões de CO₂ na abordagem *top-down* encontra-se no fim do texto.

COMBUSTÍVEL	ANO									
	1990		1991		1992		1993		1994	
	10 ³ m ³	ktep	10 ³ m ³	ktep	10 ³ m ³	ktep	10 ³ m ³	ktep	10 ³ m ³	ktep
Querosene de aviação	579	470	609	494	563	457	595	483	728	590
Óleo diesel	166	141	103	87	111	94	142	120	121	103
Óleo combustível	413	391	697	659	752	711	940	889	1107	1047

Fonte: SIBE.

I - 3.2 *International bunkers*

Dados sobre a quantidade de energia contida nos *bunkers* internacionais foram obtidos junto ao SIBE e são reproduzidos na Tabela 2. Como o BEN não explicita a energia embarcada nos *bunkers*, incluindo-a na energia exportada pelo país, a energia dos *bunkers* foi subtraída das exportações de energia do BEN para evitar dupla contagem.

Tabela 2 – Energia embarcada em *bunkers* internacionais

I - 3.3 Exportações e importações

As fontes secundárias só interessam à metodologia *top-down* quando são importadas, exportadas ou apresentam variação de estoques.

São obtidas diretamente do BEN as importações e exportações de: **Petróleo, Gasolina, Óleo Diesel, Óleo Combustível, GLP, Nafta, Coque de Carvão Mineral, Carvão Metalúrgico e Carvão Vapor.**

São obtidas no SIBE as importações e exportações de: **Querosene de Aviação, Querosene Iluminante, Asfalto, Lubrificantes, Outros Produtos Não Energéticos de Petróleo e**

Carvão Vegetal.

Para o **Querosene de Aviação, Óleo Diesel e Óleo Combustível** é necessário subtrair das exportações a parcela referente a *international bunkers*.

As importações de álcool são consideradas combustíveis renováveis, com exceção da parte correspondente ao metanol importado para substituir o álcool hidratado no transporte. Como o BEN não faz essa distinção, o metanol importado – que é um subproduto do petróleo – é subtraído do Álcool Hidratado e alocado em Outros Produtos Secundários de Petróleo.

I - 3.4 Variação de estoques

São obtidas diretamente do BEN as variações de estoque de: **Petróleo, Gasolina, Óleo Diesel, Óleo Combustível, GLP, Nafta, Coque de Carvão Mineral, Carvão Metalúrgico, Carvão Vapor, Gás Natural e Carvão Vegetal**. Na variação de estoque, assume-se que o gás estocado é o gás natural seco.

São obtidas no SIBE as variações de estoque de: **Querosene de Aviação, Querosene Iuminante, Asfalto, Lubrificantes, Coque de Petróleo, Outros Produtos Não Energéticos de Petróleo, Álcool Etílico Anidro e Álcool Etílico Hidratado**.

I - 4 Conversão para uma Unidade Comum de Energia

A conversão do consumo aparente de cada combustível, medido na sua unidade original, para uma unidade comum de energia, é efetuada multiplicando-se o consumo aparente 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). A tep representa a energia contida em uma tonelada do petróleo médio consumido, que, em média, é 10.000 Mcal. No Brasil, o conteúdo energético de 1 tep, que é função do tipo de petróleo adotado como padrão, equivale a 10.800 Mcal ou $45,217 \times 10^{-3}$ TJ. Os cálculos são feitos da seguinte forma:

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

$$1 \text{ tep brasileira} = 10.800 \text{ Mcal} = 10.800/10.000 \times 41,868 \times 10^{-3} \text{ TJ} = 45,217 \times 10^{-3} \text{ TJ}$$

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 os seus PCSs. Para contornar esse problema, a conversão dos valores do BEN para terajoules foi efetuada conforme recomendação do IPCC (1996), mediante a seguinte equação:

$$\begin{aligned} \text{Fator de Conversão (tep com base em PCS para TJ com base em PCI)} &= \\ &= 45,217 \times 10^{-3} \cdot \text{fator de correção} \end{aligned}$$

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

Fósseis líquidos	Petróleo	42,96
	Líquidos de gás	42,96
	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
	Asfalto	42,96
	Lubrificantes	42,96
	Coque de petróleo	42,96
	Gás de refinaria	40,70
	Outros produtos secundários de petróleo	42,96
	Outros produtos não energéticos de petróleo	42,96
Fósseis sólidos	Carvão metalúrgico	42,96
	Carvão vapor	42,96
	Alcatrão	42,96
	Coque	42,96
Fósseis gasosos	Gás natural (seco)	40,70
Outras primárias	Outras primárias fósseis	
Biomassa sólida	42,96	
	Lenha queima direta	42,96
	Lenha carvoejamento	42,96
	Bagaço de cana	42,96
	Resíduos vegetais	42,96
Biomassa líquida	Carvão vegetal	42,96
	Caldo de cana	42,96
	Melaço	42,96
	Álcool anidro	42,96
	Álcool hidratado	42,96
Biomassa gasosa	Lixívia	42,96

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, portanto, mais adequado se empregar os verdadeiros PCIs dos combustíveis, caso eles se encontrassem disponíveis.

Fósseis líquidos	Petróleo	20
	Líquidos de gás	17,2
	Gasolina	18,9
	Querosene de aviação	19,5
	Querosene iluminante	19,6
	Óleo diesel	20,2
	Óleo combustível	21,1
	GLP	17,2
	Nafta	20
	Asfalto	22
	Lubrificantes	20
	Coque de petróleo	27,5
	Gás de refinaria	18,2
	Outros produtos secundários de petróleo	20
	Outros produtos não energéticos de petróleo	20
	Fósseis sólidos	Carvão metalúrgico
Carvão vapor		25,8
Alcatrão		25,8
Coque		29,5
Fósseis gasosos	Gás natural (seco)	15,3
Outras primárias	Outras primárias fósseis	20
Biomassa sólida	Lenha queima direta	29,9
	Lenha carvoejamento	29,9
	Bagaço de cana	29,9
	Resíduos vegetais	29,9
	Carvão vegetal	29,9
Biomassa líquida	Caldo de cana	20
	Melaço	20
	Álcool anidro	14,81
	Álcool hidratado	14,81
	Lixívia	20
Biomassa gasosa		30,6

Na tabela abaixo, estão listados os fatores de conversão utilizados nos cálculos das emissões brasileiras, levando-se em consideração o conteúdo energético da tep brasileira e os fatores de correção para o PCI, como descrito acima.

Tabela 3 – Fatores de conversão TJ/1000 tep

I - 5 Fatores de Emissão de Carbono

Os fatores de emissão de carbono (*Carbon Emission Factors* - CEFs) representam a quantidade de carbono contida no combustível por unidade de energia. Os fatores de emissão de carbono utilizados neste trabalho encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4 – Fatores de emissão de carbono empregados

Os fatores apresentados na tabela são aqueles recomendados pelo IPCC (1996), com as exceções que se seguem:

- 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, que abrange as duas categorias.
- 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 em **Outras fontes primárias fósseis**. Sendo assim, adotou-se o mesmo fator de emissão do petróleo (*Crude Oil*).
- Para o **Álcool etílico anidro e Álcool etílico hidratado**, adotou-se o fator de emissão médio da frota nacional, calculado no módulo específico de transporte a partir dos dados obtidos na CETESB (1994), para o período 1990-1994.
- Para as outras fontes de biomassa foram adotados os fatores de emissão recomendados pelo IPCC. Esses fatores, no entanto, somente são diferenciados pelo estado físico da biomassa, não apresentando uma distinção específica para cada tipo de biomassa (por exemplo, bagaço, lenha, etc.)

I - 6 Determinação do Carbono Estocado

Nem todo combustível suprido a um país destina-se ao seu setor energético. Parte dele é utilizado como matéria-prima na manufatura de produtos não energéticos, onde o carbono torna-se fixado, tais como, plásticos e asfalto, etc. Na metodologia do IPCC, esse carbono é denominado “estocado” (*stored carbon*), devendo-se subtraí-lo do conteúdo de carbono do consumo aparente dos combustíveis.

O cálculo do carbono estocado requer a determinação das quantidades de combustíveis destinadas ao setor não energético e das frações dessas quantidades que efetivamente se mantêm fixadas aos bens produzidos (*fraction of carbon stored*).

Segundo a metodologia do IPCC, o carbono estocado para cada combustível é determinado como:

$$\eta = 10^{-3} \cdot \rho \cdot \phi \cdot \gamma \cdot \varphi$$

Eq. 8

onde

η = carbono estocado [Gg C]

ρ = quantidade de combustível com uso não energético [tep]

ϕ = fator de conversão de tep para TJ [TJ/tep]

γ = fator de emissão de carbono [t C/TJ]

φ = fração de carbono estocada

I - 6.1 Quantidade de combustíveis com uso não energético

Os combustíveis que apresentam consumo não energético são: **gás natural, nafta, querosene iluminante, álcool anidro e hidratado, gás de refinaria, asfalto, lubrificantes,**

outros produtos não energéticos do petróleo e alcatrão. Do gás natural assumimos que todo o consumo não energético venha do gás natural seco. Dos outros combustíveis temos informações no SIBE ou diretamente no BEN, no caso da nafta e do alcatrão.

Outro Querosene	1
Nafta	0,8
Asfalto	1
Lubrificantes	0,5
Gás de refinaria	1
Outros produtos não energéticos de petróleo	1
Alcatrão	0,75
Gás natural (seco)	0,33
Álcool anidro	1
Álcool hidratado	1

I - 6.2 Fração de carbono estocada

Os valores para a fração de carbono estocada dos combustíveis utilizados para fins não energéticos no Brasil e que constam do IPCC (1996) foram utilizados. Para os combustíveis que não encontramos recomendação no IPCC (**Querosene iluminante, Outros produtos não energéticos de petróleo, Álcool etílico anidro e Álcool etílico hidratado**) foi utilizado o valor 1, que significa dizer que a quantidade de combustível de uso não energético é estocado na sua totalidade.

Os valores para a fração de combustível estocada são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Frações de carbono estocado empregadas

I - 7 Correção dos Valores para Considerar Combustão Incompleta

A diferença entre o carbono contido no consumo aparente de combustível e aquele estocado

Fósseis líquidos	Petróleo	0,99
	Líquidos de gás	0,99
	Gasolina	0,99
	Querosene de aviação	0,99
	Querosene iluminante	0,99
	Óleo diesel	0,99
	Óleo combustível	0,99
	GLP	0,99
	Nafta	0,99
	Asfalto	0,99
	Lubrificantes	0,99
	Coque de petróleo	0,99
	Gás de refinaria	0,995
	Outros produtos secundários de petróleo	0,99
	Outros produtos não energéticos de petróleo	0,99
Fósseis sólidos	Carvão metalúrgico	0,98
	Carvão vapor	0,98
	Alcatrão	0,98
	Coque	0,98
Fósseis gasosos	Gás natural (seco)	0,995
Outras primárias	Outras primárias fósseis	0,98
Biomassa sólida	Lenha queima direta	0,87
	Lenha carvoejamento	0,891
	Bagaço de cana	0,88
	Resíduos vegetais	0,88
	Carvão vegetal	0,88
Biomassa líquida	Caldo de cana	0,99
	Melaço	0,99
	Álcool anidro	0,99
	Álcool hidratado	0,99
	Lixívia	0,99
Biomassa gasosa		0,99

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 contida nas cinzas e outros subprodutos.

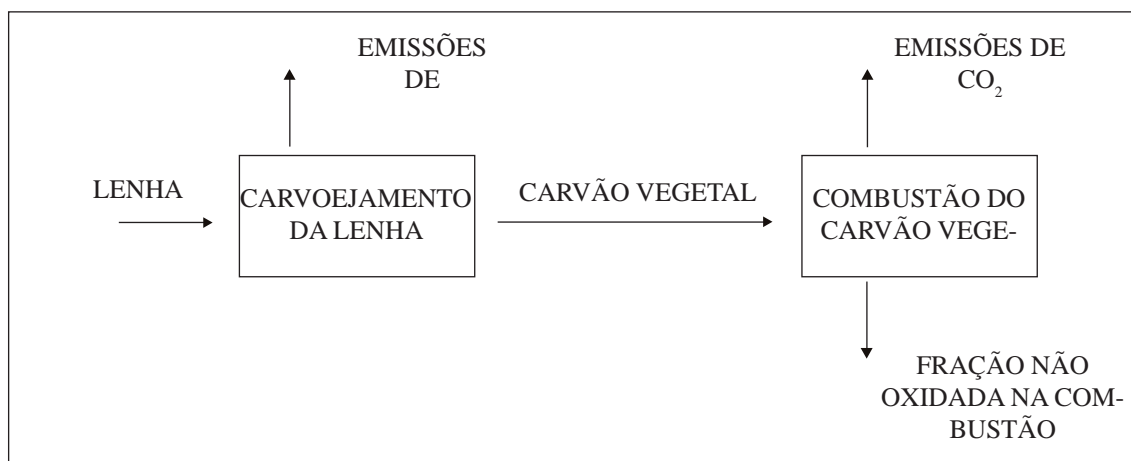
Na metodologia do IPCC, esse fato é levado em conta no cálculo das emissões reais, multiplicando-se o carbono disponível para a emissão pela fração de carbono oxidada na combustão.

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

Tabela 6 – Frações de carbono oxidado empregadas

Utilizamos os valores recomendados pelo IPCC: 0,98 para carvões, 0,99 para o petróleo e seus derivados, 0,995 para o gás natural.

Para os demais combustíveis fósseis, foram utilizados os seguintes valores: 0,99 para os combustíveis líquidos, 0,98 para os combustíveis sólidos e 0,995 para os combustíveis gasosos. Arbitramos também o valor de 0,99 do petróleo e seus derivados para as outras fontes primárias fósseis.



Na versão de 1995, o *Workbook* do IPCC (IPCC, 1995, v.2, pg.1.12) apresenta a tabela I-5 com valores para a fração oxidada de biomassa e que foram utilizados nos cálculos das emissões de CO₂ da lenha (0,87), dos resíduos vegetais (0,88) e do carvão vegetal (0,88). Utilizamos o fator dos combustíveis fósseis líquidos (0,99) para os combustíveis líquidos de biomassa.

No caso da lenha destinada ao carvoejamento, o processo de transformação produz uma

série de subprodutos e rejeitos que afetam a fração disponível para oxidação no processo de queima do carvão vegetal. Portanto, a determinação da fração não oxidada da lenha destinada ao carvoejamento deve levar em conta a cadeia completa de produção e consumo do carvão vegetal, considerando os resíduos liberados do processo de carvoejamento e a fração não oxidada na combustão do carvão vegetal, conforme ilustra a Figura 2.

Figura 2 – Diagrama simplificado do processo de produção e consumo do carvão vegetal

De acordo com os dados do BEN, cada 1 TJ de lenha produz 0,5 TJ de carvão vegetal no processo de carvoejamento (energia com base no PCS). Os poderes caloríficos superiores da lenha e do carvão vegetal são (BEN, 1996):

$$PCS_{\text{lenha}} = 3.300 \text{ kcal/kg (25\% de umidade)}$$

$$PCS_{\text{c. vegetal}} = 6.800 \text{ kcal/kg (0\% de umidade)}$$

A seguinte relação determina a massa de carvão vegetal ($M_{\text{c. vegetal}}$) resultante da massa de lenha (M_{lenha}) no processo de carvoejamento da lenha:

Eq. 9

Eq. 12

Considerando os valores 0,5 e 0,87 (IPCC, 1995) para a fração mássica de carbono da lenha e do carvão vegetal (base seca), respectivamente, e a fração oxidada na queima do carvão vegetal como 0,88 (IPCC, 1995), obtém-se o seguinte balanço de carbono para o ciclo de produção e queima do carvão vegetal.

$$\text{Carbono emitido} = \text{Carbono emitido na produção de carvão vegetal} + \text{carbono emitido na combustão do carvão vegetal} \quad \text{Eq. 13}$$

onde

$$\begin{aligned} \text{Carbono emitido na produção de carvão vegetal} &= \\ &= 0,5 \cdot 0,75M_{\text{lenha}} - 0,87M_{\text{c. vegetal}} \\ &= 0,5 \cdot 0,75M_{\text{lenha}} - 0,87 \cdot 0,243M_{\text{lenha}} \\ &= 0,164M_{\text{lenha}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{Carbono emitido na combustão do carvão vegetal} = \\
 &= 0,87 \cdot 0,88 M_{c. \text{ vegetal}} = 0,87 \cdot 0,88 \cdot 0,243 M_{\text{lenha}} \\
 &= 0,186 M_{\text{lenha}}
 \end{aligned}
 \tag{Eq. 15}$$

Adotou-se que o carbono estocado nos subprodutos do processo de produção do carvão vegetal é igual a 0.

Usando-se as equações 11 e 12 na equação 10, obtém-se

$$\text{Carbono emitido} = (0,164 + 0,186) M_{\text{lenha}} = 0,350 M_{\text{lenha}}$$

Como 1 tonelada de lenha é equivalente a 0,306 tep (BEN, 1998)

então,

$$\begin{aligned}
 &1 \text{ t lenha} = 0,306 \cdot 45,217 \cdot 10^{-3} \cdot \text{fator de correção [TJ]} \\
 &\tag{Eq. 14}
 \end{aligned}$$

Como para a lenha o fator de correção é 0,95, o carbono emitido por unidade de energia

Tabela 7 – Dados do SIBE (1 de 5)

QUEROSENE	UNIDADE 10³ tep				
	1990	1991	1992	1993	1994
OFERTA INTERNA BRUTA	-482	-417	-375	-360	-258
OFERTA TOTAL	-5	135	142	224	406
IMPORTAÇÃO	23	119	117	372	333
VARIAÇÃO DE ESTOQUES	-28	16	25	-148	73
EXPORTAÇÃO	-477	-552	-517	-584	-664
CONS. FINAL NÃO ENERGÉTICO	79	78	64	61	31
QUEROSENE ILUMINANTE	UNIDADE 10³ tep				
	1990	1991	1992	1993	1994
OFERTA INTERNA BRUTA	67	82	5	-11	-3
OFERTA TOTAL	67	82	5	37	28
IMPORTAÇÃO	0	3	7	0	0
VARIAÇÃO DE ESTOQUES	67	79	-2	37	28
EXPORTAÇÃO	0	0	0	-48	-31
CONS. FINAL NÃO ENERGÉTICO	79	78	64	61	31
QUEROSENE DE AVIAÇÃO	UNIDADE 10³ tep				
	1990	1991	1992	1993	1994
OFERTA INTERNA BRUTA	-549	-499	-380	-349	-255
OFERTA TOTAL	-72	53	137	187	378
IMPORTAÇÃO	23	116	110	372	333
VARIAÇÃO DE ESTOQUES	-95	-63	27	-185	45
EXPORTAÇÃO	-477	-552	-517	-536	-633

Tabela 7 – Dados do SIBE (2 de 5)

NÃO ENERGÉTICOS DE PETRÓLEO	UNIDADE 10³ tep				
	1990	1991	1992	1993	1994
OFERTA INTERNA BRUTA	-178	-33	-299	190	1
OFERTA TOTAL	-127	86	-90	353	163
IMPORTAÇÃO	99	76	11	49	103
VARIAÇÃO DE ESTOQUES	-226	10	-101	304	60
EXPORTAÇÃO	-51	-119	-209	-163	-162
CONS. FINAL NÃO ENERGÉTICO	3161	2933	2890	2880	3081
ASFALTO	UNIDADE 10³ tep				
	1990	1991	1992	1993	1994
OFERTA INTERNA BRUTA	-6	-4	3	25	-23
OFERTA TOTAL	-6	0	10	61	12
VARIAÇÃO DE ESTOQUES	-6	0	10	61	12
EXPORTAÇÃO	0	-4	-7	-36	-35
CONS. FINAL NÃO ENERGÉTICO	1202	937	1176	1078	1245
LUBRIFICANTES	UNIDADE 10³ tep				
	1990	1991	1992	1993	1994
OFERTA INTERNA BRUTA	13	30	-171	-51	-28
OFERTA TOTAL	60	72	-79	41	53
IMPORTAÇÃO	73	65	0	43	11
VARIAÇÃO DE ESTOQUES	-13	7	-79	-2	42
EXPORTAÇÃO	-47	-42	-92	-92	-81
CONS. FINAL NÃO ENERGÉTICO	684	658	547	601	627
SOLVENTES	UNIDADE 10³ tep				
	1990	1991	1992	1993	1994
OFERTA INTERNA BRUTA	-18	5	-40	-39	34
OFERTA TOTAL	-16	5	-32	-34	37
IMPORTAÇÃO	0	7	0	4	37
VARIAÇÃO DE ESTOQUES	-16	-2	-32	-38	0
EXPORTAÇÃO	-2	0	-8	-5	-3
CONS. FINAL NÃO ENERGÉTICO	217	300	297	272	345
OUTROS NÃO ENERGÉTICOS DE PETRÓ- LEO	UNIDADE 10³ tep				
	1990	1991	1992	1993	1994
OFERTA INTERNA BRUTA	-167	-64	-91	255	18
OFERTA TOTAL	-165	9	11	285	61
IMPORTAÇÃO	26	4	11	2	55
VARIAÇÃO DE ESTOQUES	-191	5	0	283	6
EXPORTAÇÃO	-2	-73	-102	-30	-43
CONS. FINAL NÃO ENERGÉTICO	1058	1038	870	929	864

Tabela 7 – Dados do SIBE (3 de 5)

OUTRAS SECUNDÁRIAS DE PETRÓLEO	UNIDADE 10³ tep				
	1990	1991	1992	1993	1994
OFERTA INTERNA BRUTA	-306	-8	-80	-73	-102
OFERTA TOTAL	-18	-2	-7	13	-16
VARIAÇÃO DE ESTOQUES	-18	-2	-7	13	-16
NÃO APROVEITADA	-288	-6	-73	-86	-86
CONS. FINAL NÃO ENERGÉTICO	239	216	161	197	211
GAS DE REFINARIA	UNIDADE 10³ tep				
	1990	1991	1992	1993	1994
OFERTA INTERNA BRUTA	-288	-6	-73	-86	-86
NÃO APROVEITADA	-288	-6	-73	-86	-86
CONS. FINAL NÃO ENERGÉTICO	239	216	161	197	211
COQUE DE PETRÓLEO	UNIDADE 10³ tep				
	1990	1991	1992	1993	1994
OFERTA INTERNA BRUTA	-18	-2	-7	13	-16
OFERTA TOTAL	-18	-2	-7	13	-16
VARIAÇÃO DE ESTOQUES	-18	-2	-7	13	-16
OUTRAS PRIMÁRIAS RENOVÁVEIS	UNIDADE 10³ tep				
	1990	1991	1992	1993	1994
OFERTA INTERNA BRUTA	2104	2313	2715	2950	2967
OFERTA TOTAL	2104	2313	2715	2950	2967
PRODUÇÃO	2104	2313	2715	2950	2967
LIXÍVIA	UNIDADE 10³ tep				
	1990	1991	1992	1993	1994
OFERTA INTERNA BRUTA	1291	1459	1745	1975	2146
OFERTA TOTAL	1291	1459	1745	1975	2146
PRODUÇÃO	1291	1459	1745	1975	2146
OUTRAS RECUPERAÇÕES	UNIDADE 10³ tep				
	1990	1991	1992	1993	1994
OFERTA INTERNA BRUTA	813	854	970	975	821
OFERTA TOTAL	813	854	970	975	821
PRODUÇÃO	813	854	970	975	821

Tabela 7 – Dados do SIBE (4 de 5)

PRODUTOS DA CANA	UNIDADE 10³ tep				
	1990	1991	1992	1993	1994
OFERTA INTERNA BRUTA	17937	19524	19523	18859	21337
OFERTA TOTAL	17937	19524	19523	18859	21337
PRODUÇÃO	17937	19524	19523	18859	21337
CALDO DE CANA	UNIDADE 10³ tep				
	1990	1991	1992	1993	1994
OFERTA INTERNA BRUTA	5687	6422	5663	5360	5543
OFERTA TOTAL	5687	6422	5663	5360	5543
PRODUÇÃO	5687	6422	5663	5360	5543
MELAÇO	UNIDADE 10³ tep				
	1990	1991	1992	1993	1994
OFERTA INTERNA BRUTA	802	813	901	841	1050
OFERTA TOTAL	802	813	901	841	1050
PRODUÇÃO	802	813	901	841	1050
BAGAÇO DE CANA	UNIDADE 10³ tep				
	1990	1991	1992	1993	1994
OFERTA INTERNA BRUTA	11448	12289	12959	12658	14744
OFERTA TOTAL	11448	12289	12959	12658	14744
PRODUÇÃO	11448	12289	12959	12658	14744

Tabela 7 – Dados do SIBE (5 de 5)

ÁLCOOL ETÍLICO	UNIDADE 10³ tep				
	1990	1991	1992	1993	1994
OFERTA INTERNA BRUTA	522	-146	270	794	743
OFERTA TOTAL	522	-146	270	878	888
IMPORTAÇÃO	584	542	272	722	935
VARIAÇÃO DE ESTOQUES	-62	-688	-2	156	-47
EXPORTAÇÃO	0	0	0	-84	-145
CONS. FINAL NÃO ENERGÉTICO	477	341	346	444	524
ÁLCOOL ETÍLICO ANIDRO	UNIDADE 10³ tep				
	1990	1991	1992	1993	1994
OFERTA INTERNA BRUTA	223	-206	0	12	236
OFERTA TOTAL	223	-206	0	12	236
IMPORTAÇÃO	228	99	0	0	212
VARIAÇÃO DE ESTOQUES	-5	-305	0	12	24
CONS. FINAL NÃO ENERGÉTICO	31	0	0	62	65
ÁLCOOL ETÍLICO HIDRATADO	UNIDADE 10³ tep				
	1990	1991	1992	1993	1994
OFERTA INTERNA BRUTA	299	60	270	782	507
OFERTA TOTAL	299	60	270	866	652
IMPORTAÇÃO	356	443	272	722	723
VARIAÇÃO DE ESTOQUES	-57	-383	-2	144	-71
EXPORTAÇÃO	0	0	0	-84	-145
CONS. FINAL NÃO ENERGÉTICO	446	341	346	382	459
ESTOQUE					
NAFTA	UNIDADE 10³ tep				
	1990	1991	1992	1993	1994
CONS. FINAL NÃO ENERGÉTICO	4781	4654	5076	5242	5917
ALCATRÃO	UNIDADE 10³ tep				
	1990	1991	1992	1993	1994
CONS. FINAL NÃO ENERGÉTICO	107	116	48	54	74
GÁS NATURAL	UNIDADE 10³ tep				
	1990	1991	1992	1993	1994
CONS. FINAL NÃO ENERGÉTICO	872	916	891	889	959

I - 9 Referências Bibliográficas

ABRACAVER - Associação Brasileira de Florestas Renováveis, 1996. *Anuário Estatístico*.

DNDE/MME, 1996. *Balanço Energético Nacional - BEN*, Brasília.

DNDE/MME, 1998. *Balanço Energético Nacional - BEN*, Brasília.

IPCC, 1995. *Greenhouse Gas Inventory Reporting Instructions - IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Vol 1, 2, 3, IPCC, IEA, OECD.

IPCC, 1996. *Greenhouse Gas Inventory Reporting Instructions - Revised IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Vol 1, 2, 3, IPCC, IEA, OECD.

ANEXO II

Emissões de Carbono do Sistema Energético Brasileiro - Ano 1990	79
Emissões de Carbono do Sistema Energético Brasileiro - Ano 1991	82
Emissões de Carbono do Sistema Energético Brasileiro - Ano 1992	85
Emissões de Carbono do Sistema Energético Brasileiro - Ano 1993	88
Emissões de Carbono do Sistema Energético Brasileiro - Ano 1994	91

Emissões de Carbono
do Sistema Energético Brasileiro

Ano 1990

MÓDULO		ENERGIA						
SUBMÓDULO		CO. (REFERENCE APPROACH)						
PLANILHA		I-1						
FOLHA		1 DE 5						
PAÍS		BRASIL						
ANO		1990						
PASSO 1								
		A	B	C	D	E	F	
		Produção	Importação	Exportação	Bunkers Internacionais	Varição Estoques	Consumo Aparente	
		(1000 tep)	(1000 tep)	(1000 tep)	(1000 tep)	(1000 tep)	(1000 tep)	
COMBUSTÍVEL							F=(A+B-C-D-E)	
Fósseis Líquidos	Fontes Primárias	Petróleo	31.906	28.882			1.524	59.264
		Líquidos de Gás Natural	893					893
	Fontes Secundárias	Gasolina		4	1.706		65	-1.767
		Querosene de Aviação		23	7	470	95	-549
		Querosene Iluminante					-67	67
		Óleo Diesel		577	75	141	36	325
		Óleo Combustível		620	2.051	391	-44	-1.778
		GLP		1.405	5		33	1.367
		Nafta		181			12	169
		Asfalto					6	-6
		Lubrificantes		73	47		13	13
		Coque de Petróleo					18	-18
		Gás de Refinaria						
Outros Prod. Sec. de Petróleo			203			203		
Outros Prod. Não Energ. Petróleo			26	4		207	-185	
Fósseis Líquidos - Total		32.799	31.994	3.895	1.002	1.898	57.998	
Fósseis Sólidos	Fontes Primárias	Carvão Metalúrgico	314	7.437		135	7.616	
		Carvão Vapor	1.564			-353	1.917	
	Fontes Secundárias	Alcatrão						
		Coque de Carvão Mineral		388		416	-28	
Fósseis Sólidos - Total		1.878	7.825			198	9.505	
Fósseis Gasosos								
Gás Natural Seco		3.332				-5	3.337	
Fósseis Gasosos - Total		3.332				-5	3.337	
Outras Fontes Primárias Fósseis		204					204	
Combustíveis Fósseis - Total		38.213	39.819	3.895	1.002	2.091	71.044	
Combustíveis da Biomassa								
Biomassa Sólida		Lenha Queima Direta	15.560				15.560	
		Lenha Carvoejamento	12.620				12.620	
		Bagaço de Cana	11.448				11.448	
		Resíduos Vegetais	609				609	
		Carvão Vegetal						
Biomassa Sólida - Total		40.237					40.237	
Biomassa Líquida		Caldo de Cana	5.687				5.687	
		Melaço	802				802	
		Álcool Anidro		228		5	223	
		Álcool Hidratado		153		57	96	
		Lixívia	1.291				1.291	
Biomassa Líquida - Total		7.780	381			62	8.099	
Biomassa Gasosa								
Combustíveis da Biomassa - Total		48.017	381			62	48.336	

Emissões de Carbono
do Sistema Energético Brasileiro

Ano **1990**

MÓDULO		ENERGIA					
SUBMÓDULO		CO ₂ (REFERENCE APPROACH)					
PLANILHA		1-1					
FOLHA		2 DE 5					
PAÍS		BRASIL					
ANO		1990					
		PASSO 2		PASSO 3			
		G (b) Fator de Conversão (TJ/Unid)	H Consumo Aparente (TJ)	I Fator de Emissão do Carbono (t C/TJ)	J Conteúdo de Carbono (t C)	K Conteúdo de Carbono (Gg C)	
COMBUSTÍVEL			H=(F×G)		J=(H×I)	K=(J/1000)	
Fósseis Líquidos	Fontes Primárias	Petróleo	42,96	2.545.778	20	50.915.561	50.916
		Líquidos de Gás Natural	42,96	38.360	17,2	659.796	660
	Fontes Secundárias	Gasolina	42,96	-75.904	18,9	-1.434.590	-1.435
		Querosene de Aviação	42,96	-23.583	19,5	-459.872	-460
		Querosene Iluminante	42,96	2.878	19,6	56.411	56
		Óleo Diesel	42,96	13.961	20,2	282.010	282
		Óleo Combustível	42,96	-76.377	21,1	-1.611.550	-1.612
		GLP	42,96	58.722	17,2	1.010.012	1.010
		Nafta	42,96	7.260	20	145.193	145
		Asfalto	42,96	-258	22	-5.670	-6
		Lubrificantes	42,96	558	20	11.169	11
		Coque de Petróleo	42,96	-773	27,5	-21.264	-21
		Gás de Refinaria	42,96		20		
Outros Prod. Sec. de Petróleo	42,96	8.720	20	174.404	174		
Outros Prod. Não Energ. Petróleo	42,96	-7.947	20	-158.939	-159		
Fósseis Líquidos - Total			2.491.395		49.562.670	49.563	
Fósseis Sólidos	Fontes Primárias	Carvão Metalúrgico	42,96	327.157	25,8	8.440.656	8.441
		Carvão Vapor	42,96	82.348	25,8	2.124.572	2.125
	Fontes Secundárias	Alcatrão	42,96		25,8		
		Coque de Carvão Mineral	42,96	-1.203	29,5	-35.482	-35
Fósseis Sólidos - Total			408.302		10.529.746	10.530	
Fósseis Gasosos		Gás Natural Seco	40,70	135.802	15,3	2.077.764	2.078
Fósseis Gasosos - Total			135.802		2.077.764	2.078	
Outras Fontes Primárias Fósseis			42,96	8.763	20	175.263	175
Combustíveis Fósseis - Total			3.044.262		62.345.442	62.345	
Combustíveis da Biomassa							
Biomassa Sólida		Lenha Queima Direta	42,96	668.404	29,9	19.985.286	19.985
		Lenha Carvoejamento	42,96	542.112	29,9	16.209.145	16.209
		Bagaço de Cana	42,96	491.767	29,9	14.703.827	14.704
		Resíduos Vegetais	42,96	26.161	29,9	782.200	782
		Carvão Vegetal	42,96		29,9		
Biomassa Sólida - Total			1.728.443		51.680.458	51.680	
Biomassa Líquida		Caldo de Cana	42,96	244.294	20	4.885.880	4.886
		Melaço	42,96	34.451	20	689.023	689
		Álcool Anidro	42,96	9.579	14,81	141.870	142
		Álcool Hidratado	42,96	4.124	14,81	61.074	61
		Lixívia	42,96	55.457	20	1.109.139	1.109
Biomassa Líquida - Total			347.905		6.886.986	6.887	
Biomassa Gasosa			40,70		30,6		
Combustíveis da Biomassa - Total			2.076.349		58.567.444	58.567	

Emissões de Carbono
do Sistema Energético Brasileiro

Ano **1990**

MÓDULO		ENERGIA					
SUBMÓDULO		CO ₂ (REFERENCE APPROACH)					
PLANILHA		1-1					
FOLHA		3 DE 5					
PAÍS		BRASIL					
ANO		1990					
		PASSO 4		PASSO 5		PASSO 6	
		L Carbono Estocado (Gg C)	M Emissões Líquidas de Carbono (Gg C)	N Fração de Carbono Oxidada	O Emissões de Carbono (Gg C)	P Emissões de CO ₂ (Gg CO ₂)	
COMBUSTÍVEL			M=(K-L)		O=(MxN)	P=(Ox[44/12])	
Fósseis Líquidos	Fontes Primárias	Petróleo		50.916	0,99	50.406	184.823
		Líquidos de Gás Natural		660	0,99	653	2.395
	Fontes Secundárias	Gasolina		-1.435	0,99	-1.420	-5.208
		Querosene de Aviação		-460	0,99	-455	-1.669
		Querosene Iluminante	67	-10	0,99	-10	-37
		Óleo Diesel		282	0,99	279	1.024
		Óleo Combustível		-1.612	0,99	-1.595	-5.850
		GLP		1.010	0,99	1.000	3.666
		Nafta	3.286	-3.141	0,99	-3.109	-11.401
		Asfalto	1.136	-1.142	0,99	-1.130	-4.144
		Lubrificantes	294	-283	0,99	-280	-1.026
		Coque de Petróleo		-21	0,99	-21	-77
	Gás de Refinaria	205	-205	0,99	-203	-745	
Outros Prod. Sec. de Petróleo		174	0,99	173	633		
Outros Prod. Não Energ. Petróleo	1.095	-1.254	0,99	-1.242	-4.553		
Fósseis Líquidos - Total			6.083	43.480		43.045	157.831
Fósseis Sólidos	Fontes Primárias	Carvão Metalúrgico		8.441	0,98	8.272	30.330
		Carvão Vapor		2.125	0,98	2.082	7.634
	Fontes Secundárias	Alcatrão	89	-89	0,98	-87	-320
		Coque de Carvão Mineral		-35	0,98	-35	-127
Fósseis Sólidos - Total			89	10.441		10.232	37.517
Fósseis Gasosos		Gás Natural Seco	179	1.899	0,995	1.889	6.927
Fósseis Gasosos - Total			179	1.899		1.889	6.927
Outras Fontes Primárias Fósseis				175	0,99	174	636
Combustíveis Fósseis - Total			6.351	55.994		55.339	202.911
Combustíveis da Biomassa							
Biomassa Sólida		Lenha Queima Direta		19.985	0,87	17.387	63.753
		Lenha Carvoejamento		16.209	0,891	14.442	52.955
		Bagaço de Cana		14.704	0,88	12.939	47.444
		Resíduos Vegetais		782	0,88	688	2.524
		Carvão Vegetal			0,88		
Biomassa Sólida - Total				51.680		45.457	166.677
Biomassa Líquida		Caldo de Cana		4.886	0,99	4.837	17.736
		Melaço		689	0,99	682	2.501
		Álcool Anidro	20	122	0,99	121	443
		Álcool Hidratado	284	-223	0,99	-220	-808
		Lixívia		1.109	0,99	1.098	4.026
Biomassa Líquida - Total			303	6.584		6.518	23.898
Biomassa Gasosa							
Combustíveis da Biomassa - Total			303	58.264		51.975	190.575

Emissões de Carbono
do Sistema Energético Brasileiro

Ano 1991

MÓDULO		ENERGIA							
SUBMÓDULO		CO. (REFERENCE APPROACH)							
PLANILHA		I-1							
FOLHA		1 DE 5							
PAÍS		BRASIL							
ANO		1991							
PASSO 1									
		A	B	C	D	E	F		
		Produção	Importação	Exportação	Bunkers Internacionais	Varição Estoques	Consumo Aparente		
		(1000 tep)	(1000 tep)	(1000 tep)	(1000 tep)	(1000 tep)	(1000 tep)		
COMBUSTÍVEL							F=(A+B-C-D-E)		
Fósseis Líquidos	Fontes Primárias	Petróleo	31.518	26.605			-68	58.191	
		Líquidos de Gás Natural	983					983	
	Fontes Secundárias		Gasolina		8	1.163		31	-1.186
			Querosene de Aviação		116	58	494	63	-499
			Querosene Iluminante		3			-79	82
			Óleo Diesel		1.545	70	87	-88	1.476
			Óleo Combustível		226	1.631	659	-33	-2.031
			GLP		1.656			122	1.534
			Nafta		519	4		37	478
			Asfalto			4			-4
			Lubrificantes		65	42		-7	30
			Coque de Petróleo					2	-2
		Gás de Refinaria							
	Outros Prod. Sec. de Petróleo		192				192		
	Outros Prod. Não Energ. Petróleo		11	73		-3	-59		
Fósseis Líquidos - Total			32.501	30.946	3.045	1.240	-23	59.185	
Fósseis Sólidos	Fontes Primárias	Carvão Metalúrgico	145	7.886			184	7.847	
		Carvão Vapor	1.919				-446	2.385	
	Fontes Secundárias	Alcatrão							
		Coque de Carvão Mineral		726			84	642	
Fósseis Sólidos - Total			2.064	8.612			-198	10.874	
Fósseis Gasosos		Gás Natural Seco	3.260				-5	3.265	
Fósseis Gasosos - Total			3.260				-5	3.265	
Outras Fontes Primárias Fósseis			222					222	
Combustíveis Fósseis - Total			38.047	39.558	3.045	1.240	-226	73.546	
Combustíveis da Biomassa									
Biomassa Sólida		Lenha Queima Direta	15.299					15.299	
		Lenha Carvoejamento	11.068					11.068	
		Bagaço de Cana	12.289					12.289	
		Resíduos Vegetais	632					632	
		Carvão Vegetal							
Biomassa Sólida - Total			39.288					39.288	
Biomassa Líquida		Caldo de Cana	6.422					6.422	
		Melaço	813					813	
		Álcool Anidro		99			305	-206	
		Álcool Hidratado		251			383	-132	
		Lixívia	1.459					1.459	
Biomassa Líquida - Total			8.694	350			688	8.356	
Biomassa Gasosa									
Combustíveis da Biomassa - Total			47.982	350			688	47.644	

Emissões de Carbono
do Sistema Energético Brasileiro

Ano 1991

MÓDULO		ENERGIA					
SUBMÓDULO		CO ₂ (REFERENCE APPROACH)					
PLANILHA		1-1					
FOLHA		2 DE 5					
PAÍS		BRASIL					
ANO		1991					
		PASSO 2		PASSO 3			
		G (b) Fator de Conversão (TJ/Unid)	H Consumo Aparente (TJ)	I Fator de Emissão do Carbono (t C/TJ)	J Conteúdo de Carbono (t C)	K Conteúdo de Carbono (Gg C)	
COMBUSTÍVEL			H=(F×G)		J=(H×I)	K=(J/1000)	
Fósseis Líquidos	Fontes Primárias	Petróleo	42,96	2.499.686	20	49.993.713	49.994
		Líquidos de Gás Natural	42,96	42.226	17,2	726.292	726
	Fontes Secundárias	Gasolina	42,96	-50.946	18,9	-962.889	-963
		Querosene de Aviação	42,96	-21.435	19,5	-417.989	-418
		Querosene Iluminante	42,96	3.522	19,6	69.040	69
		Óleo Diesel	42,96	63.404	20,2	1.280.759	1.281
		Óleo Combustível	42,96	-87.245	21,1	-1.840.865	-1.841
		GLP	42,96	65.895	17,2	1.133.400	1.133
		Nafta	42,96	20.533	20	410.665	411
		Asfalto	42,96	-172	22	-3.780	-4
		Lubrificantes	42,96	1.289	20	25.774	26
		Coque de Petróleo	42,96	-86	27,5	-2.363	-2
		Gás de Refinaria	42,96		20		
Outros Prod. Sec. de Petróleo	42,96	8.248	20	164.953	165		
Outros Prod. Não Energ. Petróleo	42,96	-2.534	20	-50.689	-51		
Fósseis Líquidos - Total			2.542.384		50.526.022	50.526	
Fósseis Sólidos	Fontes Primárias	Carvão Metalúrgico	42,96	337.080	25,8	8.696.669	8.697
		Carvão Vapor	42,96	102.451	25,8	2.643.246	2.643
	Fontes Secundárias	Alcatrão	42,96		25,8		
		Coque de Carvão Mineral	42,96	27.578	29,5	813.554	814
Fósseis Sólidos - Total			467.110		12.153.470	12.153	
Fósseis Gasosos		Gás Natural Seco	40,70	132.871	15,3	2.032.933	2.033
Fósseis Gasosos - Total			132.871		2.032.933	2.033	
Outras Fontes Primárias Fósseis			42,96	9.536	20	190.727	191
Combustíveis Fósseis - Total			3.151.902		64.903.152	64.903	
Combustíveis da Biomassa							
Biomassa Sólida		Lenha Queima Direta	42,96	657.193	29,9	19.650.057	19.650
		Lenha Carvoejamento	42,96	475.443	29,9	14.215.755	14.216
		Bagaço de Cana	42,96	527.893	29,9	15.784.009	15.784
		Resíduos Vegetais	42,96	27.149	29,9	811.742	812
		Carvão Vegetal	42,96		29,9		
Biomassa Sólida - Total			1.687.678		50.461.562	50.462	
Biomassa Líquida		Caldo de Cana	42,96	275.867	20	5.517.342	5.517
		Melaço	42,96	34.924	20	698.474	698
		Álcool Anidro	42,96	-8.849	14,81	-131.054	-131
		Álcool Hidratado	42,96	-5.670	14,81	-83.977	-84
		Lixívia	42,96	62.674	20	1.253.473	1.253
Biomassa Líquida - Total			358.945		7.254.257	7.254	
Biomassa Gasosa			40,70		30,6		
Combustíveis da Biomassa - Total			2.046.623		57.715.818	57.716	

Emissões de Carbono
do Sistema Energético Brasileiro

Ano **1991**

MÓDULO		ENERGIA					
SUBMÓDULO		CO ₂ (REFERENCE APPROACH)					
PLANILHA		1-1					
FOLHA		3 DE 5					
PAÍS		BRASIL					
ANO		1991					
		PASSO 4		PASSO 5		PASSO 6	
		L Carbono Estocado (Gg C)	M Emissões Líquidas de Carbono (Gg C)	N Fração de Carbono Oxidada	O Emissões de Carbono (Gg C)	P Emissões de CO ₂ (Gg CO ₂)	
COMBUSTÍVEL			M=(K-L)		O=(MxN)	P=(Ox[44/12])	
Fósseis Líquidos	Fontes Primárias	Petróleo		49.994	0,99	49.494	181.477
		Líquidos de Gás Natural		726	0,99	719	2.636
	Fontes Secundárias	Gasolina		-963	0,99	-953	-3.495
		Querosene de Aviação		-418	0,99	-414	-1.517
		Querosene Iluminante	66	3	0,99	3	12
		Óleo Diesel		1.281	0,99	1.268	4.649
		Óleo Combustível		-1.841	0,99	-1.822	-6.682
		GLP		1.133	0,99	1.122	4.114
		Nafta	3.199	-2.788	0,99	-2.760	-10.121
		Asfalto	886	-889	0,99	-880	-3.228
		Lubrificantes	283	-257	0,99	-254	-932
		Coque de Petróleo		-2	0,99	-2	-9
	Gás de Refinaria	186	-186	0,99	-184	-674	
Outros Prod. Sec. de Petróleo		165	0,99	163	599		
Outros Prod. Não Energ. Petróleo	1.150	-1.200	0,99	-1.188	-4.357		
Fósseis Líquidos - Total		5.768	44.758		44.311	162.473	
Fósseis Sólidos	Fontes Primárias	Carvão Metalúrgico		8.697	0,98	8.523	31.250
		Carvão Vapor		2.643	0,98	2.590	9.498
	Fontes Secundárias	Alcatrão	96	-96	0,98	-94	-346
		Coque de Carvão Mineral		814	0,98	797	2.923
Fósseis Sólidos - Total		96	12.057		11.816	43.325	
Fósseis Gasosos							
Gás Natural Seco		188	1.845	0,995	1.835	6.730	
Fósseis Gasosos - Total		188	1.845		1.835	6.730	
Outras Fontes Primárias Fósseis			191	0,99	189	692	
Combustíveis Fósseis - Total		6.052	58.851		58.151	213.220	
Combustíveis da Biomassa							
Biomassa Sólida		Lenha Queima Direta		19.650	0,87	17.096	62.684
		Lenha Carvoejamento		14.216	0,891	12.666	46.443
		Bagaço de Cana		156.784	0,88	13.890	50.930
		Resíduos Vegetais		812	0,88	714	2.619
		Carvão Vegetal			0,88		
Biomassa Sólida - Total			50.462		44.366	162.676	
Biomassa Líquida		Caldo de Cana		5.517	0,99	5.462	20.028
		Melaço		698	0,99	691	2.535
		Álcool Anidro		-131	0,99	-130	-476
		Álcool Hidratado	217	-301	0,99	-298	-1.092
		Lixívia		1.253	0,99	1.241	4.550
Biomassa Líquida - Total		217	7.037		6.967	25.545	
Biomassa Gasosa							
Combustíveis da Biomassa - Total		217	57.499		51.333	188.221	

Emissões de Carbono
do Sistema Energético Brasileiro

Ano 1992

MÓDULO		ENERGIA						
SUBMÓDULO		CO. (REFERENCE APPROACH)						
PLANILHA		1-1						
FOLHA		1 DE 5						
PAÍS		BRASIL						
ANO		1992						
PASSO 1								
		A	B	C	D	E	F	
		Produção	Importação	Exportação	Bunkers Internacionais	Varição Estoques	Consumo Aparente	
		(1000 tep)	(1000 tep)	(1000 tep)	(1000 tep)	(1000 tep)	(1000 tep)	
COMBUSTÍVEL							F=(A+B-C-D-E)	
Fósseis Líquidos	Fontes Primárias	Petróleo	31.861	26.812			-1.005	59.678
		Líquidos de Gás Natural	974					974
	Fontes Secundárias	Gasolina			1.555		132	-1.687
		Querosene de Aviação		110	60	457	-27	-380
		Querosene Iluminante		7			2	5
		Óleo Diesel		1.914	155	94	95	1.570
		Óleo Combustível		507	1.611	711	-36	-1.779
		GLP		1.661	3		-25	1.683
		Nafta		1.091	35		49	1.007
		Asfalto			7		-10	3
		Lubrificantes			92		79	-171
		Coque de Petróleo					7	-7
	Gás de Refinaria							
Outros Prod. Sec. de Petróleo		209				209		
Outros Prod. Não Energ. Petróleo		11	110			32	-131	
Fósseis Líquidos - Total		32.835	32.322	3.628	1.262	-707	60.974	
Fósseis Sólidos	Fontes Primárias	Carvão Metalúrgico	79	7.622			-173	7.874
		Carvão Vapor	1.762				-260	2.022
	Fontes Secundárias	Alcatrão						
Coque de Carvão Mineral			668			10	658	
Fósseis Sólidos - Total		1.841	8.290			-423	10.554	
Fósseis Gasosos								
		Gás Natural Seco	3.512			3	3.509	
Fósseis Gasosos - Total		3.512				3	3.509	
Outras Fontes Primárias Fósseis		236					236	
Combustíveis Fósseis - Total		38.424	40.612	3.628	1.262	-1127	75.273	
Combustíveis da Biomassa								
Biomassa Sólida	Lenha Queima Direta		14.615				14.615	
	Lenha Carvoejamento		10.161				10.161	
	Bagaço de Cana		12.959				12.959	
	Resíduos Vegetais		734				734	
	Carvão Vegetal							
Biomassa Sólida - Total		38.469					38.469	
Biomassa Líquida	Caldo de Cana		5.663				5.663	
	Melaço		901				901	
	Álcool Anidro							
	Álcool Hidratado			63			2	61
	Lixívia		1.745					1.745
Biomassa Líquida - Total		8.309	63			2	8.370	
Biomassa Gasosa								
Combustíveis da Biomassa - Total		46.778	63			2	46.839	

Emissões de Carbono
do Sistema Energético Brasileiro

Ano

1992

MÓDULO		ENERGIA					
SUBMÓDULO		CO ₂ (REFERENCE APPROACH)					
PLANILHA		1-1					
FOLHA		2 DE 5					
PAÍS		BRASIL					
ANO		1992					
		PASSO 2		PASSO 3			
		G (b) Fator de Conversão (TJ/Unid)	H Consumo Aparente (TJ)	I Fator de Emissão do Carbono (t C/TJ)	J Conteúdo de Carbono (t C)	K Conteúdo de Carbono (Gg C)	
COMBUSTÍVEL			H=(F×G)		J=(H×I)	K=(J/1000)	
Fósseis Líquidos	Fontes Primárias	Petróleo	42,96	2.563.562	20	51.271.241	51.271
		Líquidos de Gás Natural	42,96	41.840	17,2	719.643	720
	Fontes Secundárias	Gasolina	42,96	-72.468	18,9	-1.369.640	-1.370
		Querosene de Aviação	42,96	-16.323	19,5	-318.308	-318
		Querosene Iluminante	42,96	215	19,6	4.210	4
		Óleo Diesel	42,96	67.442	20,2	1.362.325	1.362
		Óleo Combustível	42,96	-76.420	21,1	-1.612.456	-1.612
		GLP	42,96	72.296	17,2	1.243.490	1.243
		Nafta	42,96	43.257	20	865.145	865
		Asfalto	42,96	129	22	2.835	3
		Lubrificantes	42,96	-7.346	20	-146.911	-147
		Coque de Petróleo	42,96	-301	27,5	-8.269	-8
		Gás de Refinaria	42,96		20		
Outros Prod. Sec. de Petróleo	42,96	8.978	20	179.558	180		
Outros Prod. Não Energ. Petróleo	42,96	-5.627	20	-112.546	-113		
Fósseis Líquidos - Total			2.619.234		52.080.315	52.080	
Fósseis Sólidos	Fontes Primárias	Carvão Metalúrgico	42,96	338.240	25,8	8.726.592	8.727
		Carvão Vapor	42,96	86.858	25,8	2.240.941	2.241
	Fontes Secundárias	Alcatrão	42,96		25,8		
		Coque de Carvão Mineral	42,96	28.265	29,5	833.830	834
Fósseis Sólidos - Total			453.364		11.801.363	11.801	
Fósseis Gasosos		Gás Natural Seco	40,70	142.801	15,3	2.184.858	2.185
Fósseis Gasosos - Total			142.01		2.184.858	2.185	
Outras Fontes Primárias Fósseis			42,96	10.138	20	202.755	203
Combustíveis Fósseis - Total			3.225.536		66.269.292	66.269	
Combustíveis da Biomassa							
Biomassa Sólida		Lenha Queima Direta	42,96	627.810	29,9	18.771.526	18.772
		Lenha Carvoejamento	42,96	436.482	29,9	13.050.802	13.051
		Bagaço de Cana	42,96	556.674	29,9	16.644.558	16.645
		Resíduos Vegetais	42,96	31.530	29,9	942.751	943
		Carvão Vegetal	42,96		29,9		
Biomassa Sólida - Total			1.652.496		49.409.637	49.410	
Biomassa Líquida		Caldo de Cana	42,96	243.263	20	4.865.261	4.865
		Melaço	42,96	38.704	20	774.077	774
		Álcool Anidro	42,96		14,81		
		Álcool Hidratado	42,96	2.620	14,81	38.807	39
		Lixívia	42,96	74.959	20	1.499.184	1.499
Biomassa Líquida - Total			359.546		7.177.330	7.177	
Biomassa Gasosa			40,70		30,6		
Combustíveis da Biomassa - Total			2.012.043		56.586.967	56.587	

Emissões de Carbono
do Sistema Energético Brasileiro

Ano **1992**

MÓDULO		ENERGIA					
SUBMÓDULO		CO ₂ (REFERENCE APPROACH)					
PLANILHA		1-1					
FOLHA		3 DE 5					
PAÍS		BRASIL					
ANO		1992					
		PASSO 4		PASSO 5		PASSO 6	
		L	M	N	O	P	
		Carbono Estocado (Gg C)	Emissões Líquidas de Carbono (Gg C)	Fração de Carbono Oxidada	Emissões de Carbono (Gg C)	Emissões de CO ₂ (Gg CO ₂)	
COMBUSTÍVEL			M=(K-L)		O=(MxN)	P=(Ox[44/12])	
Fósseis Líquidos	Fontes Primárias	Petróleo		51.271	0,99	50.759	186.115
		Líquidos de Gás Natural		720	0,99	712	2.612
	Fontes Secundárias	Gasolina		-1.370	0,99	-1.356	-4.972
		Querosene de Aviação		-318	0,99	-315	-1155
		Querosene Iluminante	54	-50	0,99	-49	-180
		Óleo Diesel		1.362	0,99	1.349	4.945
		Óleo Combustível		-1.612	0,99	-1.596	-5.853
		GLP		1.243	0,99	1.231	4.514
		Nafta	3.489	-2.624	0,99	-2.597	-9.524
		Asfalto	1.111	-1.109	0,99	-1.097	-4.024
		Lubrificantes	235	-382	0,99	-378	-1.386
		Coque de Petróleo		-8	0,99	-8	-30
	Gás de Refinaria	138	-138	0,99	-137	-502	
Outros Prod. Sec. de Petróleo		180	0,99	178	652		
Outros Prod. Não Energ. Petróleo	1.003	-1.115	0,99	-1.104	-4.048		
Fósseis Líquidos - Total		6.030	46.050		45.590	167.163	
Fósseis Sólidos	Fontes Primárias	Carvão Metalúrgico		8.727	0,98	8.552	31.358
		Carvão Vapor		2.241	0,98	2.196	8.052
	Fontes Secundárias	Alcatrão	40	-40	0,98	-39	-143
		Coque de Carvão Mineral		834	0,98	817	2.996
Fósseis Sólidos - Total		40	11.761		11.526	42.263	
Fósseis Gasosos		Gás Natural Seco	183	2.002	0,995	1.992	7.303
Fósseis Gasosos - Total		183	2.002		1.992	7.303	
Outras Fontes Primárias Fósseis			203	0,99	201	736	
Combustíveis Fósseis - Total		6.253	60.016		59.309	217.465	
Combustíveis da Biomassa							
Biomassa Sólida		Lenha Queima Direta		18.772	0,87	16.331	59.881
		Lenha Carvoejamento		13.051	0,891	11.628	42.637
		Bagaço de Cana		16.645	0,88	14.647	53.706
		Resíduos Vegetais		943	0,88	830	3.042
		Carvão Vegetal			0,88		
Biomassa Sólida - Total			49.410		43.436	159.267	
Biomassa Líquida		Caldo de Cana		4.865	0,99	4.817	17.661
		Melaço		774	0,99	766	2.810
		Álcool Anidro			0,99		
		Álcool Hidratado	220	-181	0,99	-180	-658
		Lixívia		1.499	0,99	1.484	5.442
Biomassa Líquida - Total		220	6.957		6.888	25.255	
Biomassa Gasosa							
Combustíveis da Biomassa - Total		220	56.367		50.324	184.521	

Emissões de Carbono
do Sistema Energético Brasileiro

Ano 1993

MÓDULO		ENERGIA						
SUBMÓDULO		CO. (REFERENCE APPROACH)						
PLANILHA		I-1						
FOLHA		1 DE 5						
PAÍS		BRASIL						
ANO		1993						
PASSO 1								
		A	B	C	D	E	F	
		Produção	Importação	Exportação	Bunkers Internacionais	Varição Estoques	Consumo Aparente	
		(1000 tep)	(1000 tep)	(1000 tep)	(1000 tep)	(1000 tep)	(1000 tep)	
COMBUSTÍVEL							F=(A+B-C-D-E)	
Fósseis Líquidos	Fontes Primárias	Petróleo	32.551	25.173			-2.096	60.360
		Líquidos de Gás Natural	974					974
	Fontes Secundárias	Gasolina			2.988		141	-3.129
		Querosene de Aviação		372	53	483	185	-349
		Querosene Iluminante			48		-37	-11
		Óleo Diesel		3.718	550	120	41	3.007
		Óleo Combustível		4.837	1.645	889	3.194	-891
		GLP		1.837	7		396	1.434
		Nafta		2.061			772	1.289
		Asfalto			36		-61	25
		Lubrificantes		43	92		2	-51
		Coque de Petróleo					-13	13
		Gás de Refinaria						
		Outros Prod. Sec. de Petróleo		145				145
Outros Prod. Não Energ. Petróleo		6	35		-245	216		
Fósseis Líquidos - Total		33.525	38.732	5.454	1.492	2.279	63.032	
Fósseis Sólidos	Fontes Primárias	Carvão Metalúrgico	37	8.044			-294	8.375
		Carvão Vapor	1.752				-38	1.790
	Fontes Secundárias	Alcatrão						
		Coque de Carvão Mineral		783			32	751
Fósseis Sólidos - Total		1.789	8.827			-300	10.916	
Fósseis Gasosos							3.831	
Fósseis Gasosos - Total		3.831					3.831	
Outras Fontes Primárias Fósseis		257					257	
Combustíveis Fósseis - Total		39.402	47.559	5.454	1.492	1.979	78.036	
Combustíveis da Biomassa								
Biomassa Sólida	Lenha Queima Direta		13.798				13.798	
	Lenha Carvoejamento		10.695				10.695	
	Bagaço de Cana		12.658				12.658	
	Resíduos Vegetais		718				718	
	Carvão Vegetal			1	11		-10	
Biomassa Sólida - Total		37.869	1	11			37.859	
Biomassa Líquida	Caldo de Cana		5.360				5.360	
	Melaço		841				841	
	Álcool Anidro					-12	12	
	Álcool Hidratado			577	84	-144	637	
	Lixívia		1.975				1.975	
Biomassa Líquida - Total		8.176	577	84	-156		8.825	
Biomassa Gasosa								
Combustíveis da Biomassa - Total		46.045	578	95		-156	46.684	

Emissões de Carbono
do Sistema Energético Brasileiro

Ano 1993

MÓDULO		ENERGIA					
SUBMÓDULO		CO ₂ (REFERENCE APPROACH)					
PLANILHA		1-1					
FOLHA		2 DE 5					
PAÍS		BRASIL					
ANO		1993					
		PASSO 2		PASSO 3			
		G (b) Fator de Conversão (TJ/Unid)	H Consumo Aparente (TJ)	I Fator de Emissão do Carbono (t C/TJ)	J Conteúdo de Carbono (t C)	K Conteúdo de Carbono (Gg C)	
COMBUSTÍVEL			H=(FxG)		J=(HxI)	K=(J/1000)	
Fósseis Líquidos	Fontes Primárias	Petróleo	42,96	2.592.859	20	51.857.169	51.857
		Líquidos de Gás Natural	42,96	41.840	17,2	719.643	720
	Fontes Secundárias	Gasolina	42,96	-134.411	18,9	-2.540.370	-2540
		Querosene de Aviação	42,96	-14.992	19,5	-292.341	-292
		Querosene Iluminante	42,96	-473	19,6	-9.261	-9
		Óleo Diesel	42,96	129.170	20,2	2.609.242	2.609
		Óleo Combustível	42,96	-38.274	21,1	-807.588	-808
		GLP	42,96	61.600	17,2	1.059.515	1.060
		Nafta	42,96	55.371	20	1.107.420	1.107
		Asfalto	42,96	1.074	22	23.626	24
		Lubrificantes	42,96	-2.191	20	-43.816	-44
		Coque de Petróleo	42,96	558	27,5	15.357	15
	Gás de Refinaria	42,96		20			
Outros Prod. Sec. de Petróleo	42,96	6.229	20	124.574	125		
Outros Prod. Não Energ. Petróleo	42,96	9.279	20	185.572	186		
Fósseis Líquidos - Total			2.707.639		54.008.743	54.009	
Fósseis Sólidos	Fontes Primárias	Carvão Metalúrgico	42,96	359.761	25,8	9.281.840	9.282
		Carvão Vapor	42,96	76.892	25,8	1.983.820	1.984
	Fontes Secundárias	Alcatrão	42,96		25,8		
		Coque de Carvão Mineral	42,96	32.260	29,5	951.681	952
Fósseis Sólidos - Total			468.914		12.217.342	12.217	
Fósseis Gasosos		Gás Natural Seco	40,70	155.905	15,3	2.385.350	2.385
Fósseis Gasosos - Total			155.905		2.385.350	2.385	
Outras Fontes Primárias Fósseis			42,96	11.040	20	220.797	221
Combustíveis Fósseis - Total			3.343.497		68.832.232	68.832	
Combustíveis da Biomassa							
Biomassa Sólida		Lenha Queima Direta	42,96	592.715	29,9	17.722.170	17.722
		Lenha Carvoejamento	42,96	459.421	29,9	13.736.673	13.737
		Bagaço de Cana	42,96	543.744	29,9	16.257.953	16.258
		Resíduos Vegetais	42,96	30.843	29,9	922.200	922
		Carvão Vegetal	42,96	-430	29,9	-12.844	-13
Biomassa Sólida - Total			1.626.293		48.626.152	48.626	
Biomassa Líquida		Caldo de Cana	42,96	230.247	20	4.604.944	4.605
		Melaço	42,96	36.126	20	722.529	723
		Álcool Anidro	42,96	515	14,81	7.634	8
		Álcool Hidratado	42,96	27.363	14,81	405.251	405
		Lixívia	42,96	84.839	20	1.696.784	1.697
Biomassa Líquida - Total			379.092		7.437.143	7.437	
Biomassa Gasosa			40,70		30,6		
Combustíveis da Biomassa - Total			2.005.384		56.063.295	56.063	

Emissões de Carbono
do Sistema Energético Brasileiro

Ano **1993**

MÓDULO		ENERGIA					
SUBMÓDULO		CO ₂ (REFERENCE APPROACH)					
PLANILHA		1-1					
FOLHA		3 DE 5					
PAÍS		BRASIL					
ANO		1993					
		PASSO 4		PASSO 5		PASSO 6	
		L	M	N	O	P	
		Carbono Estocado (Gg C)	Emissões Líquidas de Carbono (Gg C)	Fração de Carbono Oxidada	Emissões de Carbono (Gg C)	Emissões de CO ₂ (Gg CO ₂)	
COMBUSTÍVEL			M=(K-L)		O=(MxN)	P=(Ox[44/12])	
Fósseis Líquidos	Fontes Primárias	Petróleo		51.857	0,99	51.339	188.242
		Líquidos de Gás Natural		720	0,99	712	2.612
	Fontes Secundárias	Gasolina		-2540	0,99	-2.515	-9.222
		Querosene de Aviação		-292	0,99	-289	-1.061
		Querosene Iluminante	51	-61	0,99	-60	-220
		Óleo Diesel		2.609	0,99	2.583	9.472
		Óleo Combustível		-808	0,99	-800	-2.932
		GLP		1.060	0,99	1.049	3.846
		Nafta	3.603	-2.495	0,99	-2.470	-9.058
		Asfalto	1.019	-995	0,99	-985	-3.612
		Lubrificantes	258	-302	0,99	-299	-1.096
		Coque de Petróleo		15	0,99	15	56
		Gás de Refinaria	169	-169	0,99	-168	-614
		Outros Prod. Sec. de Petróleo		125	0,99	123	452
Outros Prod. Não Energ. Petróleo	1.032	-846	0,99	-838	-3.072		
Fósseis Líquidos - Total		6.132	47.877		47.398	173.792	
Fósseis Sólidos	Fontes Primárias	Carvão Metalúrgico		9.282	0,98	9.096	33.353
		Carvão Vapor		1.984	0,98	1.944	7.129
	Fontes Secundárias	Alcatrão	45	-45	0,98	-44	-161
		Coque de Carvão Mineral		952	0,98	933	3.420
Fósseis Sólidos - Total		45	12.172		11.929	43.740	
Fósseis Gasosos							
Gás Natural Seco		183	2.203	0,995	2.192	8.036	
Fósseis Gasosos - Total		183	2.203		2.192	8.036	
Outras Fontes Primárias Fósseis			221	0,99	219	801	
Combustíveis Fósseis - Total		6.360	62.472		61.737	226.369	
Combustíveis da Biomassa							
Biomassa Sólida		Lenha Queima Direta		17.722	0,87	15.418	56.534
		Lenha Carvoejamento		13.737	0,891	12.239	44.878
		Bagaço de Cana		16.258	0,88	14.307	52.459
		Resíduos Vegetais		922	0,88	811	2.974
		Carvão Vegetal		-13	0,88	-11	-41
Biomassa Sólida - Total			48.626		42.764	156.805	
Biomassa Líquida		Caldo de Cana		4.605	0,99	4.559	16.716
		Melaço		723	0,99	715	2.623
		Álcool Anidro	39	-32	0,99	-31	-115
		Álcool Hidratado	243	162	0,99	161	589
		Lixívia		1.697	0,99	1.680	6.159
Biomassa Líquida - Total		282	7.155		7.083	25.971	
Biomassa Gasosa							
Combustíveis da Biomassa - Total		282	55.781		49.848	182.776	

Emissões de Carbono
do Sistema Energético Brasileiro

Ano 1994

MÓDULO		ENERGIA						
SUBMÓDULO		CO. (REFERENCE APPROACH)						
PLANILHA		I-1						
FOLHA		1 DE 5						
PAÍS		BRASIL						
ANO		1994						
PASSO 1								
		A	B	C	D	E	F	
		Produção	Importação	Exportação	Bunkers Internacionais	Varição Estoques	Consumo Aparente	
		(1000 tep)	(1000 tep)	(1000 tep)	(1000 tep)	(1000 tep)	(1000 tep)	
COMBUSTÍVEL							F=(A+B-C-D-E)	
Fósseis Líquidos	Fontes Primárias	Petróleo	33.804	27.957			-51	61.812
		Líquidos de Gás Natural	1.026					1.026
	Fontes Secundárias	Gasolina		23	2.315		-174	-2.118
		Querosene de Aviação		333	43	590	-45	-255
		Querosene Iluminante			31		-28	-3
		Óleo Diesel		2.770	694	103	183	1.790
		Óleo Combustível		2.728	1.530	1.047	25	126
		GLP		1.875			-22	1.897
		Nafta		2.474	203		32	2.239
		Asfalto			35		-12	-23
		Lubrificantes		11	81		-42	-28
		Coque de Petróleo					16	-16
		Gás de Refinaria						
Outros Prod. Sec. de Petróleo			207			207		
Outros Prod. Não Energ. Petróleo			92	46		-6	52	
Fósseis Líquidos - Total		34.830	38.470	4.978	1.740	-124	66.706	
Fósseis Sólidos	Fontes Primárias	Carvão Metalúrgico	75	8.219		18	8.276	
		Carvão Vapor	1.910	59		35	1.934	
	Fontes Secundárias	Alcatrão						
		Coque de Carvão Mineral		1.000			-11	1.011
Fósseis Sólidos - Total		1.985	9.278			42	11.221	
Fósseis Gasosos							3.974	
Fósseis Gasosos - Total		3.974					3.974	
Outras Fontes Primárias Fósseis		189					189	
Combustíveis Fósseis - Total		40.978	47.748	4.978	1.740	-82	82.090	
Combustíveis da Biomassa								
Biomassa Sólida		Lenha Queima Direta	13.719				13.719	
		Lenha Carvoejamento	10.828				10.828	
		Bagaço de Cana	14.744				14.744	
		Resíduos Vegetais	632				632	
		Carvão Vegetal		4	7		-3	
Biomassa Sólida - Total		39.923	4	7			39.920	
Biomassa Líquida		Caldo de Cana	5.543				5.543	
		Melaço	1.050				1.050	
		Álcool Anidro		212			236	
		Álcool Hidratado		516	145		300	
		Lixívia	2.146				2.146	
Biomassa Líquida - Total		8.739	728	145		47	9.275	
Biomassa Gasosa								
Combustíveis da Biomassa - Total		48.662	732	152		47	49.195	

Emissões de Carbono
do Sistema Energético Brasileiro

Ano

1994

MÓDULO		ENERGIA					
SUBMÓDULO		CO ₂ (REFERENCE APPROACH)					
PLANILHA		1-1					
FOLHA		2 DE 5					
PAÍS		BRASIL					
ANO		1994					
		PASSO 2			PASSO 3		
		G (b) Fator de Conversão (TJ/Unid)	H Consumo Aparente (TJ)	I Fator de Emissão do Carbono (t C/TJ)	J Conteúdo de Carbono (t C)	K Conteúdo de Carbono (Gg C)	
COMBUSTÍVEL			H=(F×G)		J=(H×I)	K=(J/1000)	
Fósseis Líquidos	Fontes Primárias	Petróleo	42,96	2.655.231	20	53.104.628	53.105
		Líquidos de Gás Natural	42,96	44.073	17,2	758.063	758
	Fontes Secundárias	Gasolina	42,96	-90.982	18,9	-1.719.560	-1.720
		Querosene de Aviação	42,96	-10.954	19,5	-213.602	-214
		Querosene Iluminante	42,96	-129	19,6	-2.526	-3
		Óleo Diesel	42,96	76.892	20,2	1.553.224	1.553
		Óleo Combustível	42,96	5.413	21,1	114.204	114
		GLP	42,96	81.489	17,2	1.401.604	1.402
		Nafta	42,96	96.180	20	1.923.595	1.924
		Asfalto	42,96	-988	22	-21.736	-22
		Lubrificantes	42,96	-1.203	20	-24.056	-24
		Coque de Petróleo	42,96	-687	27,5	-18.901	-19
		Gás de Refinaria	42,96		20		
		Outros Prod. Sec. de Petróleo	42,96	8.892	20	177.840	178
Outros Prod. Não Energ. Petróleo	42,96	2.234	20	44.675	45		
Fósseis Líquidos - Total			2.865.461		57.077.453	57.077	
Fósseis Sólidos	Fontes Primárias	Carvão Metalúrgico	42,96	355.509	25,8	9.172.121	9.172
		Carvão Vapor	42,96	83.078	25,8	2.143.412	2.143
	Fontes Secundárias	Alcatrão	42,96		25,8		
		Coque de Carvão Mineral	42,96	43.429	29,5	1.281.158	1.281
Fósseis Sólidos - Total			482.016		12.596.691	12.597	
Fósseis Gasosos		Gás Natural Seco	40,70	161.725	15,3	2.474.388	2.474
Fósseis Gasosos - Total			161.725		2.474.388	2.474	
Outras Fontes Primárias Fósseis			42,96	8.119	20	162.376	162
Combustíveis Fósseis - Total			3.517.320		72.310.908	72.311	
Combustíveis da Biomassa							
Biomassa Sólida		Lenha Queima Direta	42,96	589.321	29,9	17.620.703	17.621
		Lenha Carvoejamento	42,96	465.134	29,9	13.907.498	13.907
		Bagaço de Cana	42,96	633.352	29,9	18.937.214	18.937
		Resíduos Vegetais	42,96	27.149	29,9	811.742	812
		Carvão Vegetal	42,96	-129	29,9	-3.853	-4
Biomassa Sólida - Total			1.714.826		51.273.303	51.273	
Biomassa Líquida		Caldo de Cana	42,96	238.108	20	4.762.165	4.762
		Melaço	42,96	45.104	20	902.088	902
		Álcool Anidro	42,96	10.138	14,81	150.140	150
		Álcool Hidratado	42,96	12.887	14,81	190.856	191
		Lixívia	42,96	92.185	20	1.843.696	1.844
Biomassa Líquida - Total			398.422		7.848.945	7.849	
Biomassa Gasosa			40,70		30,6		
Combustíveis da Biomassa - Total			2.113.248		59.122.248	59.122	

Emissões de Carbono
do Sistema Energético Brasileiro

Ano **1994**

MÓDULO		ENERGIA					
SUBMÓDULO		CO ₂ (REFERENCE APPROACH)					
PLANILHA		1-1					
FOLHA		3 DE 5					
PAÍS		BRASIL					
ANO		1994					
		PASSO 4		PASSO 5		PASSO 6	
		L	M	N	O	P	
		Carbono Estocado (Gg C)	Emissões Líquidas de Carbono (Gg C)	Fração de Carbono Oxidada	Emissões de Carbono de Carbono (Gg C)	Emissões de CO ₂ (Gg CO ₂)	
COMBUSTÍVEL			M=(K-L)		O=(MxN)	P=(Ox[44/12])	
Fósseis Líquidos	Fontes Primárias	Petróleo		53.105	0,99	52.574	192.770
		Líquidos de Gás Natural		758	0,99	750	2.752
	Fontes Secundárias	Gasolina		-1.720	0,99	-1.702	-6.242
		Querosene de Aviação		-214	0,99	-211	-775
		Querosene Iluminante	26	-29	0,99	-28	-104
		Óleo Diesel		1.553	0,99	1.538	5.638
		Óleo Combustível		114	0,99	113	415
		GLP		1.402	0,99	1.388	5.088
		Nafta	4.067	-2.143	0,99	-2.122	-7.780
		Asfalto	1.177	-1.198	0,99	-1.186	-4.350
		Lubrificantes	269	-293	0,99	-290	-1.065
		Coque de Petróleo		-19	0,99	-19	-69
		Gás de Refinaria	181	-181	0,99	-179	-658
		Outros Prod. Sec. de Petróleo		178	0,99	176	646
Outros Prod. Não Energ. Petróleo	1.039	-994	0,99	-984	-3.608		
Fósseis Líquidos - Total			6.759	50.319		49.815	182.657
Fósseis Sólidos	Fontes Primárias	Carvão Metalúrgico		9.172	0,98	8.989	32.958
		Carvão Vapor		2.143	0,98	2.101	7.702
	Fontes Secundárias	Alcatrão	62	-62	0,98	-60	-221
		Coque de Carvão Mineral		1.281	0,98	1.256	4.604
Fósseis Sólidos - Total			62	12.535		12.284	45.043
Fósseis Gasosos		Gás Natural Seco	197	2.277	0,995	2.266	8.308
Fósseis Gasosos - Total			197	2.277		2.266	8.308
Outras Fontes Primárias Fósseis				163	0,99	161	589
Combustíveis Fósseis - Total			7.017	65.294		64.527	236.598
Combustíveis da Biomassa							
Biomassa Sólida		Lenha Queima Direta		17.621	0,87	15.330	56.210
		Lenha Carvoejamento		13.907	0,891	12.392	45.436
		Bagaço de Cana		18.937	0,88	16.665	61.104
		Resíduos Vegetais		811	0,88	714	2.619
		Carvão Vegetal		-4	0,88	-3	-12
Biomassa Sólida - Total				51.273		45.097	165.357
Biomassa Líquida		Caldo de Cana		4.762	0,99	4.715	17.287
		Melaço		902	0,99	893	3.275
		Álcool Anidro	41	109	0,99	108	395
		Álcool Hidratado	292	-101	0,99	-100	-367
		Lixívia		1.844	0,99	1.825	6.693
Biomassa Líquida - Total			333	7.516		7.440	27.282
Biomassa Gasosa							
Combustíveis da Biomassa - Total			333	58.789		52.537	192.638

ANEXO III

Emissões de CO₂ Derivadas do Uso da Biomassa Não Renovável no Sistema Energético Brasileiro

Índice

	Página
III - 1 Cálculo das Emissões de CO ₂ Derivadas do Uso da Biomassa Não Renovável no Sistema Energético Brasileiro Utilizando uma Metodologia Diversa da Metodologia do IPCC	97
III - 2 Emissões Totais de CO ₂ do Sistema Energético Brasileiro Utilizando uma Metodologia Diversa da Metodologia do IPCC	103

Lista de Figuras

	Página
Figura 1 – Emissões de CO ₂ da biomassa não renovável utilizando uma metodologia diversa da metodologia do IPCC (Mt C)	101
Figura 2 – Emissões de CO ₂ da biomassa não renovável utilizando uma metodologia diversa da metodologia do IPCC (%)	102
Figura 3 – Emissões das biomassas renovável e não renovável utilizando uma metodologia diversa da metodologia do IPCC (Mt C)	102
Figura 4 – Emissões das biomassas renovável e não renovável utilizando uma metodologia diversa da metodologia do IPCC (%)	103
Figura 5 – Emissões totais de CO ₂ do sistema energético brasileiro utilizando uma metodologia diversa da metodologia do IPCC (Mt C)	105

FIGURA 6 – EMISSÕES TOTAIS DE CO ₂ DO SISTEMA ENERGÉTICO BRASILEIRO UTILIZANDO UMA METODOLOGIA DIVERSA DA METODOLOGIA DO IPCC (%)	105
FIGURA 7 – EMISSÕES DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS, EMISSÕES DA BIOMASSA, DA BIOMASSA NÃO RENOVÁVEL E TOTAIS DE CO ₂ E OFERTA INTERNA BRUTA DE ENERGIA UTILIZANDO UMA METODOLOGIA DIVERSA DA METODOLOGIA DO IPCC (1990 = 100)	106

Lista de Tabelas

	Página
Tabela 1 – Uso de lenha renovável na produção de carvão vegetal	98
Tabela 2 – Emissões de CO ₂ da biomassa não renovável	99
Tabela 3 – Variação anual das emissões de CO ₂ da biomassa não renovável	99
Tabela 4 – Emissões de CO ₂ da biomassa renovável	100
Tabela 5 – Variação anual das emissões de CO ₂ da biomassa renovável	101
Tabela 6 – Emissões totais de CO ₂ do sistema energético brasileiro utilizando uma metodologia diversa da metodologia do IPCC	104
Tabela 7 – Variação anual das emissões totais de CO ₂ da biomassa utilizando uma metodologia diversa da metodologia do IPCC	104
Tabela 8 – Estimativas do aumento das emissões de carbono de combustíveis fósseis na ausência da biomassa renovável utilizando uma metodologia diversa da metodologia do IPCC	106

III - 1 Cálculo das Emissões de CO₂ Derivadas do Uso da Biomassa Não Renovável no Sistema Energético Brasileiro Utilizando uma Metodologia Diversa da Metodologia do IPCC

Nesta parte do trabalho, foram calculadas as emissões de CO₂ provenientes da combustão da biomassa no sistema energético brasileiro segundo uma proposta metodológica diversa. Nesta proposta metodológica, a absorção do CO₂ no processo de renovação da biomassa é levada em consideração no próprio módulo de energia e as estimativas feitas referem-se, portanto, às emissões de CO₂ derivadas exclusivamente da biomassa não renovável. Essas estimativas permitem uma avaliação do grau de importância da biomassa renovável no sistema energético brasileiro, sob o ponto de vista das emissões de CO₂. Desta forma, este trabalho antecipou-se ao módulo de Uso do Solo e Manejo Florestal e determinou também as emissões de CO₂ da biomassa que contribuem para o aumento do efeito estufa, subtraindo das emissões totais da biomassa aquelas referentes ao consumo da biomassa renovável.

Para o cálculo das emissões de CO₂ da queima da biomassa não renovável, modificou-se a metodologia desenvolvida pelo IPCC da seguinte forma:

Para as fontes de biomassa renovável, foi calculado o carbono fixado durante o ciclo de crescimento das culturas, o qual é determinado a partir da quantidade de biomassa renovável consumida.

Para o caso da lenha utilizada via queima direta, a quantidade de biomassa renovável varia de acordo com o setor de consumo. Para o setor residencial, adotou-se a hipótese de que 50% da lenha energética é renovável, pelo tipo de coleta praticado – aparas de árvores e lenha catada do chão. Portanto, apenas metade do consumo residencial contribui para o aumento do efeito estufa. Para o setor industrial, considerou-se que somente 20% da lenha consumida tem origem renovável, através de programas de reflorestamento (principalmente nas indústrias de papel e celulose). Para os setores comercial, público, agropecuário e de transporte, foi também adotado o valor de 20% para a taxa de utilização de lenha renovável. Para as usinas autoprodutoras de eletricidade, considerou-se que toda a lenha consumida é renovável.

Deve-se ressaltar que essas hipóteses foram adotadas com base na experiência da equipe do PPE/COPPE sobre a matéria, uma vez que não foram encontradas estatísticas recentes publicadas sobre o uso da lenha nativa para a queima direta.

No tocante à conversão da lenha em carvão vegetal, foram adotados os seguintes valores

fornecidos pela Associação Brasileira de Florestas Renováveis (ABRACAVE, 1996):

Ano	1990	1991	1992	1993
Percentual de lenha renovável (%)	34,0	42,3	38,9	43,5

Tabela 1 – Uso de lenha renovável na produção de carvão vegetal

Para os produtos da cana-de-açúcar, considerou-se 100% de reciclagem, ou seja, que o ciclo da cana-de-açúcar, desde o seu plantio até o consumo dos seus produtos, produz emissão líquida nula de CO₂, em virtude da absorção de carbono durante o crescimento da cana.

Os álcoois anidro e hidratado somente interessam à metodologia *top-down* quando são importados, exportados ou apresentam variação de estoques. Parte do álcool importado é metanol e, portanto, um combustível fóssil. Essa parte foi subtraída do álcool importado e a parte restante foi considerada combustível renovável. Para exportação e variação de estoques, admitiu-se que são produzidos a partir da cana-de-açúcar e, portanto, são também de origem totalmente renovável.

Para a lixívia, por ser subproduto da indústria de papel e celulose, considerou-se um índice de 100% de renovação. Para os outros resíduos vegetais, adotou-se a hipótese de que eles são de origem renovável, com exceção de parte da quantidade consumida pelas usinas autoprodutoras e pela indústria de cimento, como explicado no Anexo I, página 59.

As Tabelas 2 e 3 apresentam, respectivamente, as emissões da biomassa não renovável do sistema energético brasileiro e as suas variações anuais, para o período de 1991 a 1994. As Figuras 1 e 2 ilustram a evolução das emissões da biomassa não renovável, em Gg C e percentual, respectivamente. Cabe ressaltar que no caso das emissões da biomassa não renovável, somente são computadas as emissões decorrentes da lenha, uma vez que as demais fontes de biomassa energética são consideradas totalmente renováveis.

Verifica-se um declínio das emissões de biomassa não renovável durante todo o período de interesse. Esse declínio é resultado da combinação de dois fatores distintos. O primeiro é a redução do consumo de lenha pela sua substituição por outros energéticos, conforme já se mencionou anteriormente. O segundo fator é o aumento do uso de florestas renováveis na produção de carvão vegetal, que também contribui para a redução das emissões das fontes não renováveis (vide Tabela 1 e as Figuras 1 e 2). Esse fato é também ilustrado nas Tabelas 2 e 3 e nas Figuras 3 e 4, que mostram as emissões da biomassa renovável ao longo do período. A participação das emissões da biomassa renovável em relação às emissões totais da biomassa foi crescente no período, passando de cerca de 60% em 1990

para 70% em 1994.

FONTE	ANO									
	1990		1991		1992		1993		1994	
	GgC	%	GgC	%	GgC	%	GgC	%	GgC	%
<i>Biomassa sólida</i>	20 700	100	18 256	100	17 407	100	16 801	100	15 619	100
Lenha - queima direta	11 168	54	10 948	60	10 302	59	9 886	59	9 919	64
Lenha - conversão a carvão vegetal	9 532	46	7 308	40	7 105	41	6 915	41	5 700	36
<i>Total - biomassa</i>	20 700	100		100	17 407	100	16 801	100	15 619	100

Tabela 2 – Emissões de CO₂ da biomassa não renovável

FONTE	ANO				
	1990 - 1991	1991 - 1992	1992 - 1993	1993 - 1994	1990 - 1994
	Variação (%)				
<i>Biomassa sólida</i>	-11,8	-4,7	-3,5	-7,0	-24,5
Lenha - queima direta	-2,0	-5,9	-4,0	0,3	-11,2
Lenha - conversão a carvão vegetal	-23,3	-2,8	-2,7	-17,6	-40,2
<i>Total - biomassa</i>	-11,8	-4,7	-3,5	-7,0	-24,5

Tabela 3 – Variação anual das emissões de CO₂ da biomassa não renovável

FONTE	ANO									
	1990		1991		1992		1993		1994	
	Gg C	(%)	Gg C	(%)	Gg C	(%)	Gg C	(%)	Gg C	(%)
<i>Biomassa sólida</i>	24757	79	26110	79	26029	79	25964	79	29479	80
Lenha para queima direta	6219	20	6148	19	6029	18	5533	17	5411	15
Lenha para carvoejamento	4910	16	5358	16	4523	14	5324	16	6691	18
Carvão	0	0	0	0	0	0	-11	0	-3	0
Bagaço	12939	41	13890	42	14647	44	14307	43	16665	45
Outros resíduos vegetais	688	2	714	2	830	3	812	2	714	2
<i>Biomassa líquida</i>	6518	21	6967	21	6888	21	7083	21	7440	20
Caldo de Cana	4837	15	5462	17	4817	15	4559	14	4715	13
Melaço	682	2	691	2	766	2	715	2	893	2
Álcool anidro	121	0	-130	0	0	0	-31	0	108	0
Álcool hidratado	-220	-1	-298	-1	-180	-1	161	0	-100	0
Lixívia	1098	4	1241	4	1484	5	1680	5	1825	5
<i>Total biomassa</i>	31275	100	33077	100	32917	100	33047	100	36919	100
<i>Emissões da biomassa renovável/emissões totais da biomassa (%)</i>		60,2		64,4		65,4		66,3		70,3

Tabela 4 – Emissões de CO₂ da biomassa renovável

FONTE	ANO				
	1990 - 1991	1991 - 1992	1992 - 1993	1993 - 1994	1990 - 1994
	Variação (%)				
<i>Biomassa sólida</i>	5,5	-0,3	-0,3	13,5	19,1
Lenha para queima direta	-1,1	-1,9	-8,2	-2,2	-13,0
Lenha para carvoejamento	9,1	-15,6	17,7	25,7	36,3
Carvão				-70,0	
Bagaço	7,3	5,5	-2,3	16,5	28,8
Outros resíduos vegetais	3,8	16,1	-2,2	-12,0	3,7
<i>Biomassa líquida</i>	6,9	-1,1	2,8	5,0	14,2
Caldo de Cana	12,9	-11,8	-5,4	3,4	-2,5
Melaço	1,4	10,8	-6,7	24,9	30,9
Álcool anidro	-207,3	-100,0		-442,0	-10,9
Álcool hidratado	35,1	-39,8	-189,6	-162,2	-54,7
Lixívia	13,0	19,6	13,2	8,7	66,2
<i>Total biomassa</i>	5,8	-0,5	0,4	11,7	18,0

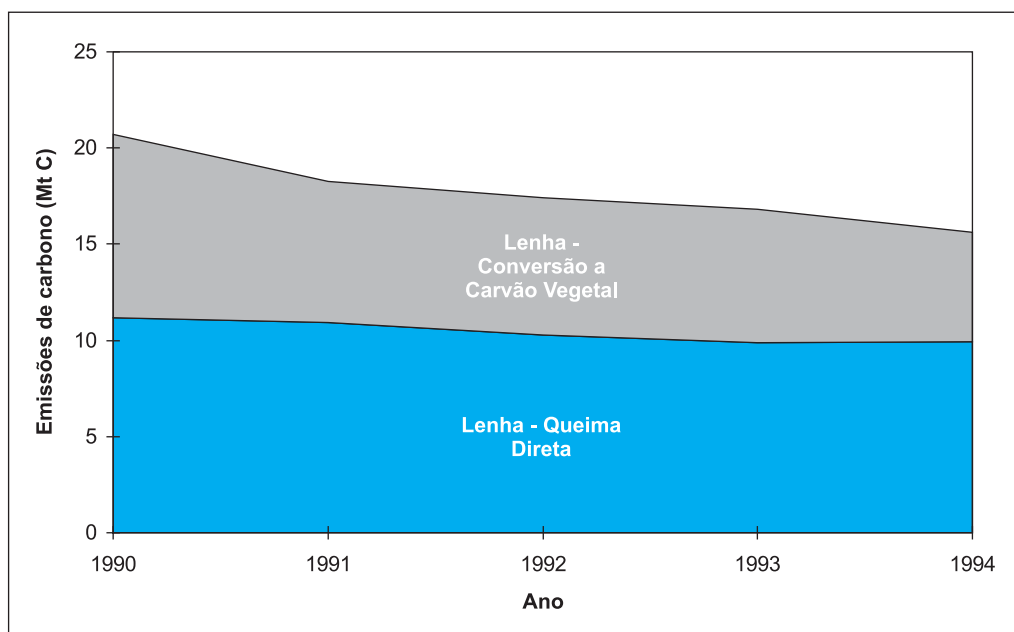
Tabela 5 – Variação anual das emissões de CO₂ da biomassa renovável


Figura 1 – Emissões de CO₂ da biomassa não renovável utilizando uma metodologia diversa da metodologia do IPCC (Mt C)

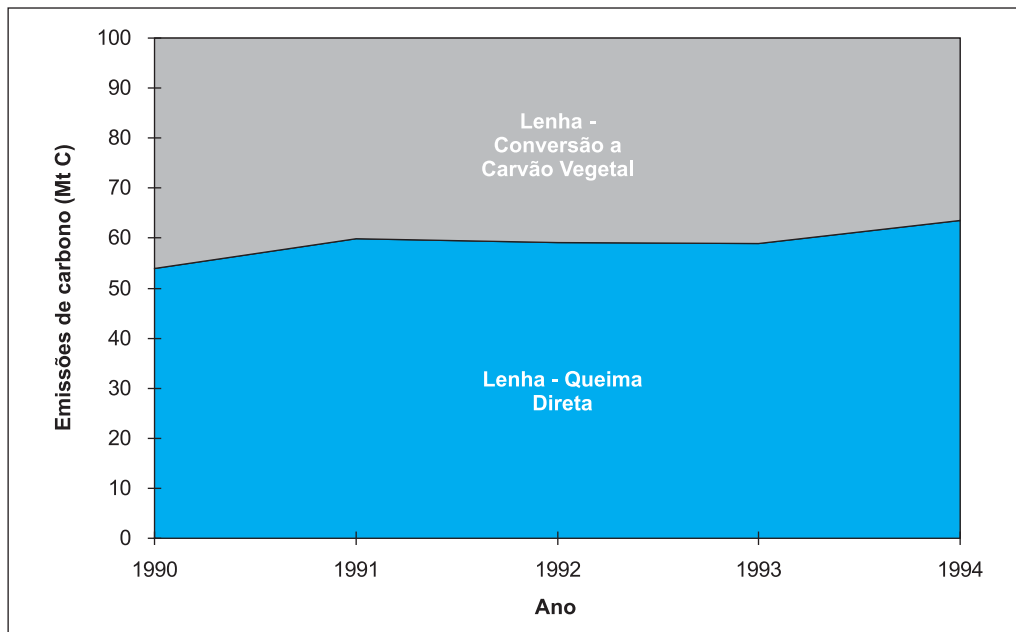


Figura 2 – Emissões de CO₂ da biomassa não renovável utilizando uma metodologia diversa da metodologia do IPCC (%)

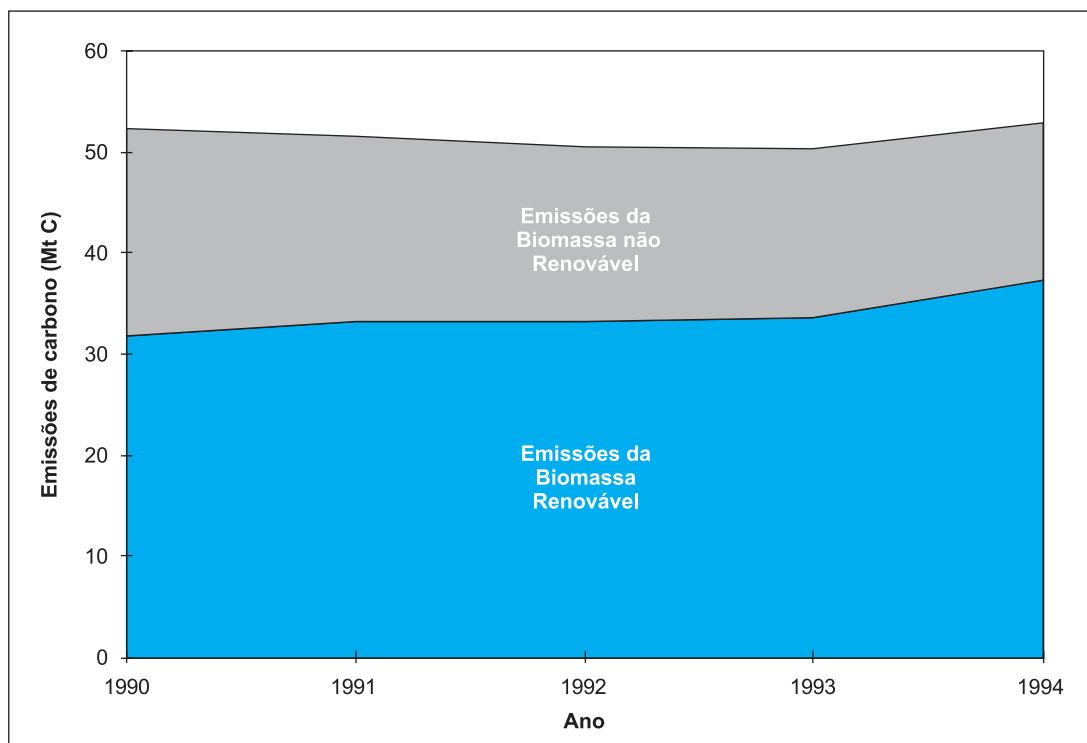


Figura 3 – Emissões das biomassas renovável e não renovável utilizando uma metodologia diversa da metodologia do IPCC (Mt C)

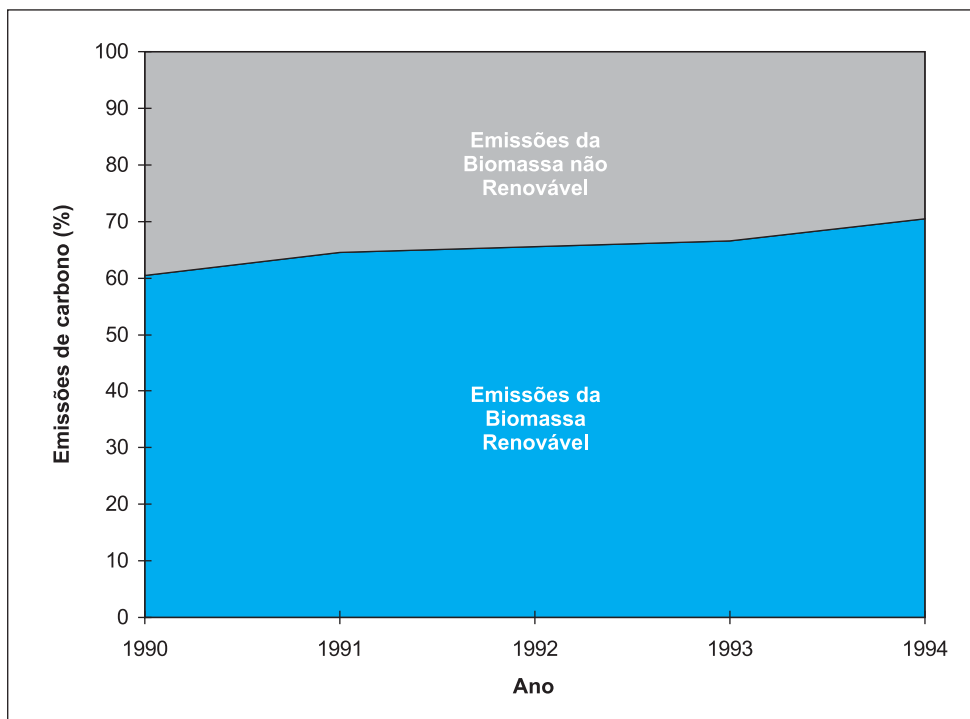


Figura 4 – Emissões das biomassas renovável e não renovável utilizando uma metodologia diversa da metodologia do IPCC (%)

III - 2 Emissões Totais de CO₂ do Sistema Energético Brasileiro Utilizando uma Metodologia Diversa da Metodologia do IPCC

Com base nos resultados apresentados no item anterior, foram estimadas as emissões totais de CO₂ do sistema energético brasileiro, no período de 1990 a 1994, somando-se as emissões dos combustíveis fósseis com as emissões derivadas da biomassa não renovável. As emissões totais calculadas estão apresentadas na Tabela 6, suas variações anuais na Tabela 7 e sua evolução nas Figuras 5 e 6, em Mt C e percentual, respectivamente. Para efeito de comparação, as Tabelas 6 e 7 apresentam também os valores obtidos para as emissões brutas da biomassa. A Figura 7 compara as emissões dos combustíveis fósseis, as emissões brutas e líquidas da biomassa, as emissões totais de carbono e a oferta interna bruta total de energia do sistema energético brasileiro.

Como mostram esses dados, as emissões totais de CO₂ do setor energético aumentaram de

76 para 80 Mt C, no período de 1990 a 1994, sofrendo um acréscimo de 5,4% no período. Esse aumento é, portanto, inferior ao crescimento da oferta interna bruta de energia, de 13%. O crescimento das emissões se deu, em grande parte, nos anos de 1993 (2,4%) e 1994 (2,0%). As emissões foram dominadas pela queima de combustíveis fósseis, cuja responsabilidade aumentou de cerca de 73% em 1990 para 81% das emissões em 1994.

Os resultados encontrados mostram a importância do uso da biomassa renovável no Brasil, no tocante às emissões de CO₂. Conforme se pode inferir a partir da Tabela 6, caso combustíveis fósseis fossem utilizados em substituição à biomassa renovável, as emissões de carbono do sistema energético aumentariam significativamente. A Tabela 8 apresenta estimativas desse hipotético aumento das emissões dos combustíveis fósseis caso não fossem utilizadas as fontes de biomassa renovável, para os anos de 1990 a 1994. Essas estimativas adotam a hipótese de que a oferta interna bruta de energia da biomassa renovável seria substituída por igual quantidade de energia produzida a partir da mesma composição de combustíveis fósseis existente no ano de interesse. Como demonstram os resultados da Tabela 8, o aumento das emissões seria de cerca de 31 a 35%, conforme o ano.

EMISSIONES DE CO ₂	ANO									
	1990		1991		1992		1993		1994	
	Gg C	%	Gg C	%	Gg C	%	Gg C	%	Gg C	%
<i>Emissões brutas da biomassa</i>	51975		51333		50324		49848		52538	
<i>(1) Emissões de combustíveis fósseis</i>	53339	73	58151	76	59309	77	61737	79	64527	81
<i>(2) Emissões da biomassa não renovável</i>	20700	27	18256	24	17407	23	16801	21	15619	19
<i>Emissões totais [(1)+(2)]</i>	76039	100	76407	100	76716	100	78538	100	80145	100

Tabela 6 – Emissões totais de CO₂ do sistema energético brasileiro utilizando uma metodologia diversa da metodologia do IPCC

FONTE	ANO				
	1990 - 1991	1991 - 1992	1992 - 1993	1993 - 1994	1990 - 1994
			Variação %		
<i>Emissões brutas da biomassa</i>	-1,2	-2,0	-0,9	5,4	1,1
<i>(1) Emissões de combustíveis fósseis</i>	5,1	2,0	4,1	4,5	16,6
<i>(2) Emissões da biomassa não renovável</i>	-11,8	-4,7	-3,5	-7,0	-24,5
<i>Emissões totais [(1)+(2)]</i>	0,5	0,4	2,4	2,0	5,4

Tabela 7 – Variação anual das emissões totais de CO₂ da biomassa utilizando uma metodologia diversa da metodologia do IPCC

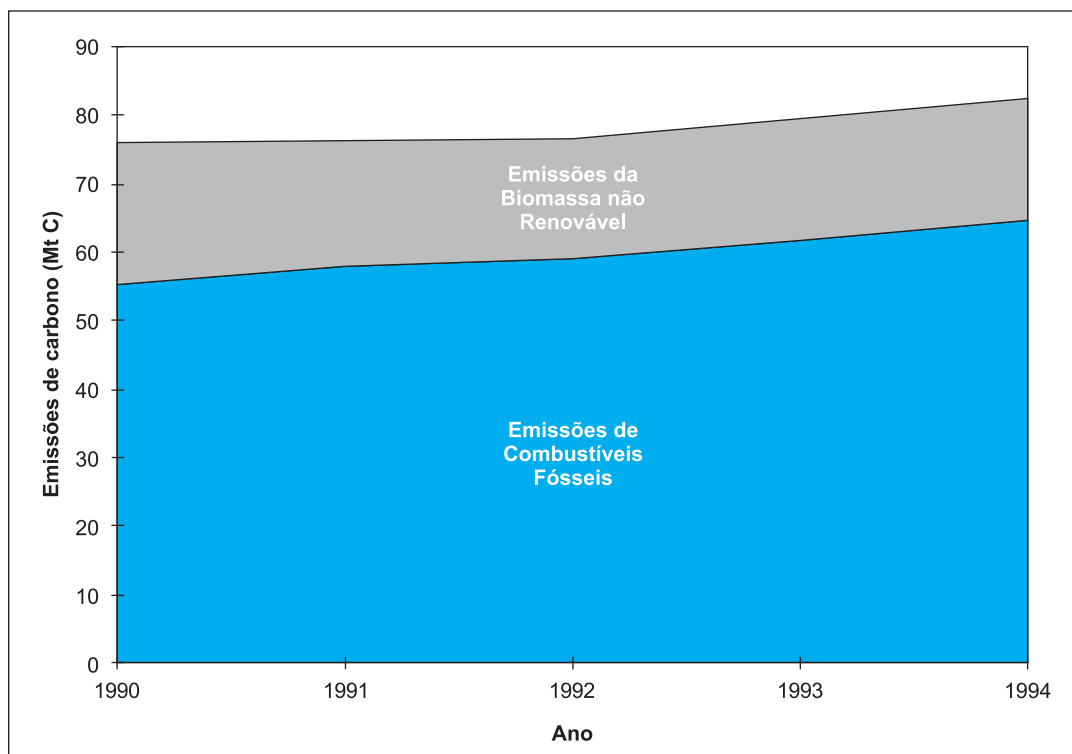


Figura 5 – Emissões totais de CO₂ do sistema energético brasileiro utilizando uma metodologia diversa da metodologia do IPCC (Mt C)

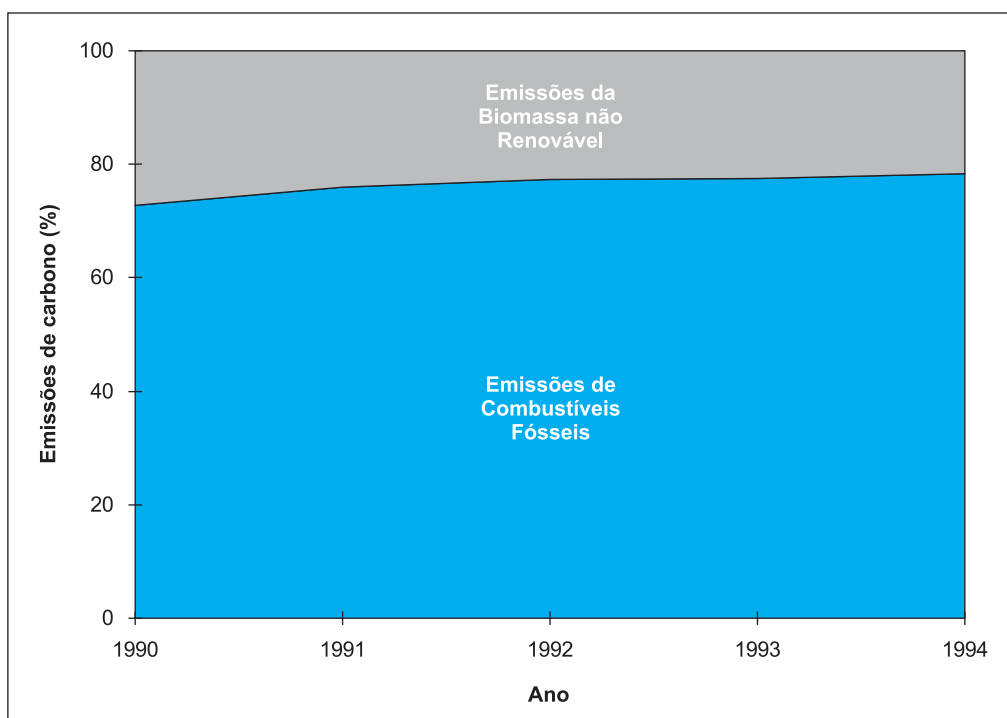


Figura 6 – Emissões totais de CO₂ do sistema energético brasileiro utilizando uma metodologia diversa da metodologia do IPCC (%)

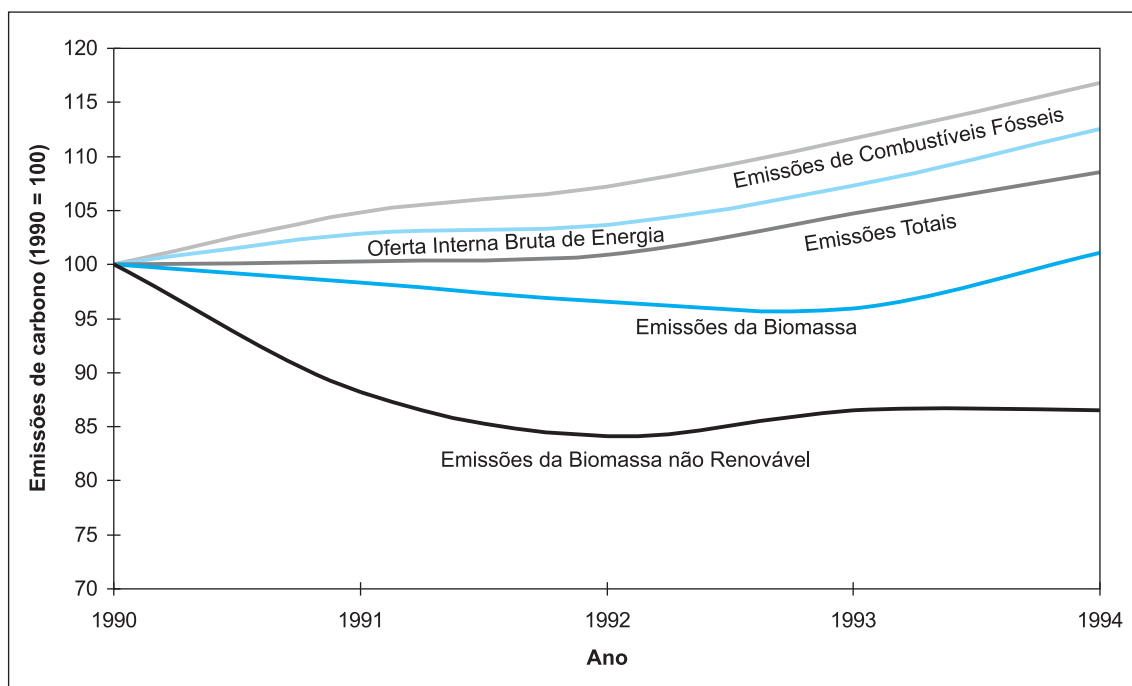


Figura 7 – Emissões de combustíveis fósseis, emissões da biomassa, da biomassa não renovável e totais de CO₂ e oferta interna bruta de energia utilizando uma metodologia

	ANO				
	1990	1991	1992	1993	1994
(1) OIB de energia renovável (Mtep)	30,0	31,5	31,4	31,8	35,3
(2) Emissões da biomassa renovável (Gg C)	31 275	33 077	32 917	33 047	36 919
(3) OIB de energia não renovável (Mtep)	18,3	16,2	15,4	14,9	13,9
(4) Emissões da biomassa não renovável (GgC)	20 700	18 256	17 407	16 801	15 619
(5) OIB dos combustíveis fósseis (Mtep)	71,0	73,5	75,3	78,0	82,1
(6) Emissões dos combustíveis fósseis (GgC)	55 339	58 151	59 309	61 737	64 527
(7) Total das emissões na nova metodologia (4)+(6) (GgC)	76 039	76 407	76 716	78 538	80 145
(8) Emissões adicionais relativas à hipotética substituição de biomassa renovável por combustíveis fósseis (6)/(5)*(1) (GgC)	23 378	24 875	24 749	25 154	27 777
(9) Emissões hipotéticas incluindo a substituição de biomassa renovável por combustíveis fósseis (7)+(8) (GgC)	99 417	101 282	101 465	103 692	107 923
	30,7%	32,6%	32,3%	32,0%	34,7%

OIB = Oferta Interna Bruta

ANEXO IV

Indicadores de Desempenho do Sistema Energético Brasileiro sob o Ponto de Vista das Emissões de CO₂

Índice

	Página
IV - 1 Indicadores de Desempenho do Sistema Energético Brasileiro sob o Ponto de Vista das Emissões de CO ₂	109
IV - 2 Conclusões	113

Lista de Tabelas

	Página
Tabela 1 – Oferta interna bruta de energia, emissões de CO ₂ , produto interno bruto e população nacionais	109
Tabela 2 – Indicadores de desempenho para emissões de CO ₂ do sistema energético brasileiro	110
Tabela 3 – Oferta interna bruta de energia, emissões de CO ₂ , produto interno bruto e população americanos	111
Tabela 4 – Indicadores de desempenho para emissões de CO ₂ do sistema energético americano	111

IV - 1 Indicadores de Desempenho do Sistema Energético Brasileiro sob o Ponto de Vista das Emissões de CO₂

Os resultados apresentados até o momento permitem comparar o desempenho do sistema energético brasileiro com o de outros países, sob o ponto de vista de suas emissões de CO₂. A fim de se verificar o quanto o sistema brasileiro é “carbono intensivo”, foram definidos os seguintes indicadores de desempenho:

- (i) a razão entre as emissões de CO₂ e a oferta interna bruta de energia;
- (ii) a razão entre as emissões de CO₂ e o Produto Interno Bruto (PIB);
- (iii) a razão entre as emissões de CO₂ e a população (emissão de CO₂ per capita);
- (iv) a razão entre a oferta interna bruta de energia e a população (consumo per capita); e
- (v) a razão entre o PIB e a população (renda per capita).

A Tabela 1 apresenta os dados necessários para o cálculo desses indicadores para os anos de 1990 a 1994.

Tabela 1 – Oferta interna bruta de energia, emissões de CO₂, produto interno bruto e população nacionais

PARÂMETRO	1990	1991	1992	1993	1994
Oferta interna bruta de energia (Mtep) ^a	187,3	192,6	194,1	200,9	210,8
Oferta interna bruta de energia (Mtep) ^b	129,3	132,0	133,0	136,4	143,3
Emissões totais de CO ₂ de combustíveis fósseis (Mt C) ^c	55,3	58,2	59,3	61,7	64,5
Produto interno bruto ^d (1990 US\$ bilhões)	479,2	481,7	475,9	497,3	526,2
População (milhões) ^d	148,0	150,4	152,7	154,9	157,1

^a Fonte: BEN, 1998.

^b Utilizando a equivalência 1 MWh = 0,086 tep para energia hidráulica e eletricidade e 1 tep = 10.000 Mcal.

^c Calculadas.

^d Estatísticas da IEA, 1998.

É importante lembrar que a estrutura da oferta interna bruta de energia no Brasil é função da convenção adotada para a conversão do conteúdo energético da energia hidráulica e da eletricidade para toneladas equivalentes de petróleo (tep). A convenção adotada no Balanço Energético Nacional (BEN) é que a energia hidráulica e a hidreletricidade são contabilizadas em termos da energia fóssil que seria consumida numa termelétrica para a produção equivalente de eletricidade. Sendo assim, o BEN converte a oferta interna de energia e a hidreletricidade para toneladas equivalentes de petróleo usando a equivalência

1MWh = 0,290 tep. Nesse fator de conversão está embutida a hipótese de que a eletricidade estaria sendo gerada numa termelétrica cuja eficiência seria de 27,5%. Deve ser acrescentado que o BEN adota a equivalência térmica de 1 tep = 10.800 Mcal ao invés de 1 tep = 10.000 Mcal, como é convencionado internacionalmente.

Se o equivalente baseado na primeira lei da termodinâmica (1MWh = 0,086 tep) e o valor de 10,000 Mcal para a tep fossem utilizados, os valores para a parte da oferta interna bruta de energia correspondente à energia hidráulica e à hidreletricidade ficariam 30% abaixo dos valores apresentados no BEN e o total da oferta interna bruta de energia reduzida em 32% (ver linhas 1 e 2 da Tabela 1).

Os indicadores selecionados encontram-se na Tabela 2. brasileiro

INDICADOR DE DESEMPENHO	ANO					
	1990	1991	1992	1993	1994	MÉDIA
Emissão total de CO ₂ /oferta interna bruta de energia (t C/tep)	0,43	0,44	0,45	0,45	0,45	0,44
Emissão total de CO ₂ /PIB (t C/US\$ mil)	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Emissão total de CO ₂ per capita (t C/hab.)	0,37	0,39	0,39	0,40	0,41	0,39
Oferta interna bruta de energia/PIB (ktep/US\$)	0,27	0,27	0,28	0,27	0,27	0,27
Oferta interna bruta de energia per capita (tep/hab.)	0,87	0,88	0,87	0,88	0,91	0,88
Renda per capita (US\$ mil/hab.)	3,24	3,20	3,12	3,21	3,35	3,22

Visando analisar o desempenho do sistema energético brasileiro, no tocante às suas emissões de CO₂, esses indicadores foram comparados com os dos EUA. A Tabela 3 apresenta os dados a partir dos quais foram calculados os indicadores americanos apresentados na Tabela 4.

Comparando-se a relação entre a emissão total de CO₂ e a oferta interna bruta de energia dos dois países, verifica-se que a matriz energética americana é muito mais “carbono-intensiva” do que a brasileira: a média americana é de 0,69 t C/tep, enquanto a brasileira é de 0,44 t C/tep, mostrando que o sistema americano emite, em média, 55% mais CO₂ por unidade de energia ofertada do que o sistema brasileiro. Para uma oferta interna bruta total de energia cerca de 15 vezes maior, o sistema energético americano emite 23 vezes mais CO₂. Isso decorre de uma menor participação das fontes energéticas renováveis no

sistema energético americano.

No caso da emissão de CO₂ per capita, os EUA apresentam cerca de 5,3 t C/hab., para uma oferta interna bruta de energia per capita de 7,8 tep, enquanto o Brasil emite aproximadamente 0,39 t C per capita, para uma oferta per capita em torno de 0,88 tep/hab. Ou seja, para uma oferta de energia per capita 9 vezes maior, a emissão per capita americana é cerca de 14 vezes maior do que a brasileira.

PARÂMETRO	ANO				
	1990	1991	1992	1993	1994
Oferta interna bruta de energia (Mtep)	1925,7	1938,5	1975,5	2021,3	2058,5
Emissões totais de CO ₂ de combustíveis fósseis (Mt C)	1329,1	1326,5	1343,1	1389,5	1416,7
Produto Interno Bruto (1990 US\$ bilhões)	5554,1	5498,5	5653,2	5788,0	6004,5
População (milhões)	249,9	252,6	255,4	258,1	260,7

Fonte: Estatística da IEA, 1998.

Tabela 3 – Oferta interna bruta de energia, emissões de CO₂, produto interno bruto e população americanos

INDICADOR DE DESEMPENHO	ANO					
	1990	1991	1992	1993	1994	MÉDIA
Emissão total de CO ₂ /oferta interna bruta de energia (t C/tep)	0,69	0,68	0,68	0,69	0,69	0,69
Emissão total de CO ₂ /PIB (t C/US\$ mil)	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
Emissão total de CO ₂ per capita (t C/hab.)	5,3	5,3	5,3	5,4	5,4	5,3
Oferta interna bruta de energia/PIB (ktep/US\$)	0,35	0,35	0,35	0,35	0,34	0,35
Oferta interna bruta de energia per capita (tep/hab.)	7,7	7,7	7,7	7,8	7,9	7,8
Renda per capita (US\$ mil/hab.)	22,2	21,8	22,1	22,4	23,0	22,3

Tabela 4 – Indicadores de desempenho para emissões de CO₂ do sistema energético americano

Essas vantagens do Brasil certamente decorrem da maior participação relativa das fontes renováveis na sua matriz energética. No entanto, deve-se ressaltar algumas outras diferenças importantes entre os sistemas energéticos dos dois países.

Em primeiro lugar, dada a sua elevada demanda de eletricidade, os EUA há muito tempo esgotaram o seu potencial hidrelétrico, cujo montante aproveitado, entretanto, é superior à capacidade instalada total do Brasil. Conseqüentemente, o uso de combustíveis fósseis na produção de termeletricidade nos EUA é muito significativo.

Em segundo lugar, uma parcela importante do consumo de energia fóssil nos EUA destina-se ao aquecimento, já que as baixas temperaturas são comuns durante o inverno no norte do país.

Finalmente, deve-se destacar que o baixo consumo de energia per capita brasileiro, de aproximadamente 0,88 tep/hab., longe de demonstrar um uso eficiente da energia, é resultado da falta de acesso de uma larga parcela da população a bens e serviços básicos. De qualquer forma, conforme mostram os dados das Tabelas 4 e 5, enquanto os EUA

consomem cerca de 0,35 tep para produzir um dólar de PIB, o Brasil emprega 0,27 tep para produzir o mesmo valor.

IV - 2 Conclusões

A comparação efetuada neste trabalho do desempenho dos sistemas energéticos brasileiro e americano, sob o ponto de vista de suas emissões CO₂, revela as vantagens comparativas do Brasil, devido ao importante papel desempenhado pelas fontes renováveis de energia, sejam elas a biomassa energética ou a hidreletricidade. Verificou-se nessa comparação que os EUA emitem 72% mais CO₂ por unidade de energia ofertada do que o Brasil. A vantagem comparativa do Brasil torna-se ainda maior quando se compara as emissões de CO₂ per capita dos dois países: a emissão per capita americana é 14 vezes maior do que a brasileira. Esse fato, no entanto, esconde o baixo consumo de energia per capita brasileiro, de 0,88 tep/hab., ou seja, 11% do consumo per capita americano (ambos consumos medidos com base na oferta interna bruta de energia), reflexo da falta de acesso de uma larga parcela da população a bens e serviços básicos.

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

Expressamos nossa mais profunda gratidão ao Prof. José Israel Vargas, Ministro de Estado da Ciência e Tecnologia, de 1992 a 1999, por compartilhar conosco seus conhecimentos e suas idéias sobre as questões da mudança do clima e por sua incessante orientação e incentivo. Estendemos nosso agradecimento ao Prof. Luiz Carlos Bresser Pereira, Ministro de Estado da Ciência e Tecnologia de janeiro a julho de 1999 e ao Embaixador Ronaldo Mota Sardenberg, Ministro de Estado da Ciência e Tecnologia, de agosto de 1999 a 2002. Agradecemos, ainda, ao Dr. Roberto Amaral, Ministro de Estado da Ciência e Tecnologia, de janeiro de 2003 a janeiro de 2004 e ao Dr. Eduardo Campos, Ministro de Estado da Ciência e Tecnologia, de janeiro de 2004 a julho de 2005. Finalmente, ao Prof. Luiz Pinguelli Rosa, ex-Diretor da COPPE, nosso reconhecimento e gratidão por seu empenho em transformar idéias em realidade.

capa
Chivas Produções

projeto gráfico
Jorge Ribeiro