

PRESIDENTE DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
LUIZ INÁCIO LULA DA SILVA

MINISTRO DE ESTADO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
EDUARDO CAMPOS

SECRETÁRIO DE POLÍTICAS E PROGRAMAS DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO
CYLON GONÇALVES DA SILVA

COORDENADOR GERAL DE MUDANÇAS GLOBAIS DE CLIMA
JOSÉ DOMINGOS GONZALEZ MIGUEZ

**Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima
Ministério da Ciência e Tecnologia**

**COMUNICAÇÃO NACIONAL INICIAL DO BRASIL À
CONVENÇÃO-QUADRO DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE
MUDANÇA DO CLIMA**

Brasília, novembro de 2004.

Exemplares desta publicação podem ser obtidos no:

Ministério da Ciência e Tecnologia
Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento - SEPED
Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima
Esplanada dos Ministérios Bloco E 2º Andar Sala 240
70067-900 - Brasília - DF
Telefone: 61-317-7923 e 317-7523
Fax: 61-317-7657
e-mail: cpmg@mct.gov.br
<http://www.mct.gov.br/clima>

COORDENADOR DA COMUNICAÇÃO NACIONAL

JOSÉ DOMINGOS GONZALEZ MIGUEZ

COORDENADOR TÉCNICO DO PRIMEIRO INVENTÁRIO BRASILEIRO DE EMISSÕES E REMOÇÕES ANTRÓPICAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA

NEWTON PACIORNIK

EQUIPE

BRANCA BASTOS AMERICANO
MAURO MEIRELLES DE OLIVEIRA SANTOS
RICARDO LEONARDO VIANNA RODRIGUES

COORDENADOR TÉCNICO DE CIRCUNSTÂNCIAS NACIONAIS E DAS PROVIDÊNCIAS PREVISTAS OU TOMADAS PARA A IMPLEMENTAÇÃO DA CONVENÇÃO-QUADRO DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MUDANÇA DO CLIMA

HAROLDO DE OLIVEIRA MACHADO FILHO

EQUIPE

MÔNICA DE OLIVEIRA SANTOS

COORDENAÇÃO ADMINISTRATIVA

MARA LORENA MAIA FARES
MARCOS WILLIAN BEZERRA DE FREITAS

EQUIPE

JERÔNIMA DE SOUZA DAMASCENO
IGOR SOARES GOMES

PROJETO GRÁFICO

PEDRO RENATO BARBOSA

EDITORAÇÃO ELETRÔNICA

PEDRO RENATO BARBOSA

CAPA

CHIVAS DESING

1ª edição

1ª impressão (2004): 1.500 exemplares

A apresentação da Comunicação Nacional do Brasil é um passo institucional decisivo do governo Luiz Inácio Lula da Silva para honrar o compromisso do País na Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Além de manter o espírito do País em ser um participante ativo nas questões relativas ao tema, o texto contribui para o melhor entendimento do problema global e do avanço da ciência na mudança do clima.

A priori, deve-se ressaltar que, de acordo com o princípio das responsabilidades comuns mas diferenciadas entre as nações e suas respectivas capacidades, a iniciativa no combate à mudança do clima e a seus efeitos adversos deve partir dos países desenvolvidos, considerando suas emissões históricas. Os países em desenvolvimento não têm compromissos de redução ou de limitação de suas emissões antrópicas de gases de efeito estufa, conforme estabelecido na Convenção e confirmado no Protocolo de Quioto.

As prioridades desses países se referem ao atendimento de necessidades urgentes, nas áreas social e econômica, tais como a erradicação da pobreza, a melhoria das condições de saúde e educação, o combate à fome, a garantia de condições dignas de moradia, entre outras. Nesse 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 foi o primeiro país a assinar a Convenção sobre Mudança do Clima, resultado da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro, em junho de 1992, a qual foi ratificada pelo Congresso Nacional em 1994.

A apresentação deste documento à Convenção, bem como a ratificação do Protocolo de Quioto pelo Brasil e a aprovação dos primeiros projetos brasileiros no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, confirmam o compromisso do país em reforçar o papel das instituições multilaterais. Essas ações são o marco institucional adequado para a solução de problemas de natureza global que afetarão todos os países.

Esse ato simboliza a importância que o Brasil atribui à busca de um meio ambiente sadio, tanto localmente quanto globalmente, e se tornou a tônica da importância que o País passou a exercer nas negociações internacionais sobre mudança do clima. O governo brasileiro sempre esteve consciente de que este é um problema preocupante para a humanidade e que pode vir a ser determinante para a sobrevivência da espécie humana a longo prazo.

Para que o Brasil atendesse seus compromissos nesse campo, coube ao Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) a coordenação dos trabalhos para a elaboração deste documento, concebido de forma a ser elaborado por meio de parcerias. Envolveu mais de uma centena de instituições e mais de 700 especialistas com reconhecida capacidade em cada área específica dos mais diversos setores: energético, industrial, florestal, agropecuário, de tratamento de resíduos, entre outros. As atividades foram desenvolvidas de maneira descentralizada, com coleta de dados que, em muitos casos, ou não estavam disponíveis na literatura científica nacional, ou eram restritos a empresas nacionais.

A coordenação do MCT, mediante a revisão detalhada dos resultados, orientou-se na busca do controle da qualidade, da confiabilidade e da transparência das informações. Os relatórios setoriais e demais documentos de referência, tão logo finalizados, foram disponibilizados no endereço eletrônico www.mct.gov.br/clima, em português, inglês e espanhol. Além disso, foi promovido um amplo processo de revisão desses documentos por especialistas das mais diversas áreas.

O trabalho conjunto realizado representa um pequeno passo na compreensão dos diferentes processos de emissões de gases de efeito estufa por atividades antrópicas no Brasil, mas representa um avanço considerável para o País. O presente documento é importante para a divulgação do tema de mudanças climáticas, bem como para a educação e a conscientização da sociedade sobre os impactos adversos futuros do aquecimento global, ao mesmo tempo que induz novas oportunidades de desenvolvimento de tecnologias mais limpas e propicia o progresso da ciência. Certamente, assuntos afeitos à mudança do clima terão relevante papel na agenda nacional e internacional no futuro.

Eduardo Campos

Ministro de Estado da Ciência e Tecnologia
Brasília, novembro de 2004

Dentre os compromissos assumidos pelo país junto à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança de Clima está o de desenvolver e atualizar, periodicamente, inventários nacionais das emissões antrópicas por fontes e remoções por sumidouros dos gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal, além de fornecer uma descrição geral das providências para implementar a Convenção. O documento contendo tais informações é chamado de Comunicação Nacional no jargão da Convenção.

O formato da Comunicação Nacional do Brasil segue as diretrizes contidas na Decisão 10 da 2ª Conferência das Partes da UNFCCC (documento FCCC/CP/1996/15/Add.1, de 17 de julho de 1996) - Comunicações de Partes não-Anexo I: Diretrizes, Facilitação e Processo de Exame. Assim, a estrutura de cada capítulo foi desenvolvida com base nessa decisão, adequando-a, obviamente, às circunstâncias nacionais e aos programas e ações desenvolvidos no país.

Assim, o governo brasileiro apresenta a Primeira Comunicação Nacional do Brasil, composta de três partes. A primeira apresenta as circunstâncias nacionais e arranjos especiais do Brasil, a qual procura apresentar um panorama geral e a complexidade desse imenso país, bem como suas prioridades de desenvolvimento. A segunda compreende o primeiro inventário brasileiro de gases de efeito estufa, referente ao período de 1990 a 1994, resultado da consolidação de 15 relatórios setoriais desenvolvidos por instituições de excelência no país e informações adicionais obtidas junto a diversas entidades. Finalmente, a última parte apresenta as providências previstas ou já implementadas no país e que, direta ou indiretamente, contribuem para a consecução dos objetivos da Convenção.

A elaboração deste trabalho pioneiro requer um esforço significativo, uma vez que a questão da mudança climática é difícil de ser compreendida por sua complexidade científica, além da existência de um número limitado de especialistas neste tema no Brasil. Essas dificuldades foram agravadas pelo restrito número de publicações disponíveis em português nas áreas envolvidas, pela falta de recursos humanos e financeiros para desenvolver estudos mais abrangentes, e pelas dúvidas sobre os benefícios revertidos às instituições envolvidas no processo de elaboração do documento.

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, inicialmente, apoio adicional do governo norte-americano. Buscou-se, durante a elaboração do Inventário, em função de 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.

Entretanto, as dificuldades metodológicas e de obtenção de dados/informações foram significativas. Por sua própria origem, a metodologia do IPCC para estimar as emissões antrópicas de gases de efeito estufa tem, como referência, pesquisas realizadas e metodologias desenvolvidas por especialistas de países desenvolvidos, onde as a queima de combustíveis fósseis representa a maior parte das emissões de gases de efeito estufa. Em consequência, setores importantes para os países em desenvolvimento, como a Agropecuária e a Mudança no Uso da Terra e Florestas, não são tratados com a profundidade necessária. Assim sendo, os fatores de emissão *default* ou até mesmo as metodologias apresentadas pelo IPCC devem ser analisados com a devida

cautela, uma vez que não refletem, necessariamente, as condições nacionais. Em muitos casos, não há pesquisa no país que permita avaliar os valores apresentados ou a metodologia proposta. Para aqueles onde o país dispõe de resultados científicos, nem sempre os valores nacionais foram consistentes com os apresentados pelo IPCC, demonstrando, em alguns casos, discrepâncias significativas. A avaliação de emissões decorrentes do uso intensivo de biomassa no Brasil também não encontra apoio na metodologia, muito embora tais emissões, em relação às emissões de CO₂, 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, foram feitas algumas adaptações da metodologia proposta como, por exemplo, no caso do setor Mudança no Uso da Terra e Florestas. Essas adaptações foram possíveis graças à existência, no país, de projetos de larga escala tais como o que fornece as taxas anuais da área de desflorestamento bruto da Amazônia, dos remanescentes da Mata Atlântica, entre outros. Alguns estudos pioneiros foram realizados no âmbito do Inventário, visando aumentar o conhecimento científico sobre emissões resultantes da conversão de florestas em outros usos, dos reservatórios de hidrelétricas e devido à atividades de queima prescrita do cerrado. Cuidado deve ser tomado, também, ao se comparar os resultados totais de emissões por tipo de gás de efeito estufa. A aplicação de diferentes metodologias na elaboração de inventários produzidos por outros países, em particular aquelas relacionadas ao setor Mudança no Uso da Terra e Florestas, impede a imediata comparação dos resultados apresentados.

No Brasil, a busca e coleta de informação não são adequadas devido ao custo associado à obtenção e armazenamento de dados e há pouca preocupação institucional com a organização ou fornecimento de informação, principalmente em nível local. O país carece de legislação específica que facilite a obtenção de informações junto à empresas, em particular dados e informações sobre suas emissões de gases de efeito estufa. Por outro lado, muitas vezes não se justifica realizar medidas para atender as necessidades particulares do inventário, considerando o custo da medição e o benefício derivado da medição na melhoria da precisão das estimativas geradas.

Apesar dessas dificuldades, buscou-se apresentar as melhores estimativas possíveis neste Inventário, respeitando o atual estágio do conhecimento científico e a disponibilidade de recursos humanos e financeiros. Em alguns casos, as estatísticas existentes no país não permitiram a adequada avaliação das emissões. Para certos setores, onde informações específicas não estavam disponíveis, foram desenvolvidos métodos para avaliação do nível de atividade, sempre em *bona fide*, com o objetivo de minimizar as incertezas.

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 se aperfeiçoar e melhorar com o tempo. Em virtude disto, 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 a quantificação das emissões globais e para a compreensão da evolução do problema das

Introdução

mudanças climáticas (atual e futura), 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 do acúmulo das emissões históricas dos países, que elevam as concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera. Para cada diferente nível de concentração de cada gás de efeito estufa, há um acúmulo 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 industrializados, que iniciaram suas emissões de gases de efeito estufa a partir da Revolução Industrial, têm maior responsabilidade na mudança do clima. Além da responsabilidade pela mudança de clima já observada, dados de emissões históricas indicam que continuarão a ser os principais responsáveis por mais um século.

Embora os países em desenvolvimento, como o Brasil, não tenham compromissos de redução ou de limitação de suas emissões antrópicas de gases de efeito estufa, conforme estabelecido na Convenção, são desenvolvidos no país programas e ações que resultam em uma redução significativa dessas emissões. Algumas dessas iniciativas são responsáveis pelo fato de o Brasil ter uma matriz energética relativamente "limpa", resultando em menores emissões de gases de efeito estufa por unidade de energia produzida ou consumida. Diversas outras iniciativas em estágio de implementação também contribuirão para a inflexão da taxa de crescimento da curva de emissões de gases de efeito estufa no país.

Assim, a presente Comunicação Nacional inclui, também, uma descrição dessas iniciativas que contribuem para a implementação da Convenção no país, analisando os mais diversos setores, valendo-se da experiência dos maiores especialistas do Brasil em suas respectivas áreas.

A elaboração da parte relativa à descrição das medidas previstas ou já realizadas para a implementação da Convenção no país contou com cerca de 90 autores, representantes dos mais diversos setores, cujos textos foram disponibilizados na *Internet*, como parte de uma política de total transparência e de participação pública. O resultado dos trabalhos de compilação e reestruturação desses textos foi, posteriormente, submetido a 134 revisores, entre autores e outras pessoas diretamente relacionados aos programas e ações mencionados nesta parte.

Assim, ao final desse abrangente e participativo processo de elaboração e revisão, a Comunicação Nacional apresenta o "estado da arte" da implementação da Convenção no país até o final do ano 2000. Procurou-se, entretanto, fazer um esforço para atualizar certos dados, considerados relevantes para a segunda comunicação nacional e incluídos em notas de rodapé, até 2002.

Devido ao limite de tempo estabelecido para a "Descrição das Providências Previstas e Realizadas", cobrindo o período até o ano 2000, nesta Primeira Comunicação Nacional não foi abordada a questão da crise energética de 2001 e as mudanças que tal crise desencadeou no setor energético brasileiro.

Esperamos que com este trabalho, o leitor perceba que o Brasil é um país de dimensões continentais e de grande complexidade, bem como que, apesar de seus problemas

socioeconômicos, o país desenvolve inúmeros programas e ações que demonstram o seu comprometimento com o desenvolvimento sustentável, herança da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada em seu território em 1992.

José Domingos Gonzalez Miguez

Coordenador-Geral de Mudanças Globais de Clima

A Primeira Comunicação Nacional é uma prova da importância que o Brasil atribui aos compromissos assumidos pelo país no âmbito da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima.

Apesar da complexidade científica dos temas relativos ao aquecimento global, do desconhecimento do tema, da existência de projetos de desenvolvimento considerados mais prioritários, da falta de material disponível em português sobre o assunto, e, principalmente, da ausência de dados no país, o Brasil empenhou um esforço significativo na elaboração deste complexo e pioneiro documento.

Este trabalho é dividido em três partes. A primeira apresenta um panorama geral das circunstâncias nacionais e complexidades desse país de dimensões continentais, bem como suas prioridades de desenvolvimento. A segunda fornece os dados consolidados do primeiro inventário brasileiro de gases de efeito estufa, referente ao período de 1990 a 1994, resultado da consolidação de 15 relatórios setoriais relativos aos setores energético, industrial, florestal, agropecuário e de tratamento de resíduos e informações adicionais de diversas instituições participantes. Finalmente, a terceira parte descreve as providências previstas ou já realizadas no Brasil, que contribuem, direta ou indiretamente, para a consecução dos objetivos da Convenção.

BRASIL EM PERSPECTIVA

O Brasil é um país de dimensões continentais e de grande complexidade.

A República Federativa do Brasil é dividida em 26 estados, 5.507 municípios, de acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2000), e o Distrito Federal, onde se situa a capital da República, Brasília, sede do governo e dos poderes executivo, legislativo e judiciário. O país possui um sistema presidencialista e é regido pela Constituição Federal de 1988.

Com uma área de 8.514.876,6 km², o Brasil é o país de maior extensão territorial da América do Sul. Possui uma população de 169.799.170 habitantes, de acordo com os dados do Censo Demográfico de 2000 (IBGE, 2000). O país teve um crescimento populacional médio anual de 1,64% no período de 1990 a 2000. Em 2000, a maior parte da população (81,2%) vivia em centros urbanos.

Além de abrigar em seu território mais de um terço das florestas tropicais do planeta - a floresta amazônica - há no país regiões fitoecológicas de grandes extensões, como o Cerrado (ou Savana). Estima-se que o Brasil possua mais de 55 mil espécies vegetais, correspondente a aproximadamente 22% do total do planeta. A fauna brasileira é bastante rica em espécies que comportam um número de indivíduos relativamente pequeno, sendo muitos deles endêmicos, caracterizando a sua fragilidade.

Sendo um país tropical, o país tem invernos moderados. Os recursos hídricos disponíveis são abundantes, ainda que nem sempre bem distribuídos ou bem utilizados. Dotado de uma vasta e densa rede hidrográfica, muitos de seus rios destacam-se por sua extensão, largura ou profundidade. Assim, mais de 90% da eletricidade brasileira é gerada por usinas hidrelétricas e mais de 60% de sua matriz energética é suprida por fontes renováveis.

O Brasil é um país em desenvolvimento caracterizado por uma economia complexa e dinâmica: encontra-se entre as dez maiores economias mundiais, é grande produtor agrícola

(tem cerca de 170 milhões de cabeças de gado e é grande exportador de inúmeros produtos agrícolas) e um dos maiores produtores mundiais de vários produtos manufaturados, incluindo cimento, alumínio, produtos químicos, insumos petroquímicos e petróleo.

Em 2000, desconsiderando os serviços de intermediação financeira, a geração do Produto Interno Bruto (PIB) no país ocorreu da seguinte forma: 55% nas atividades de serviços, 37% na indústria (inclusive construção, eletricidade e água) e 8% na agropecuária. Neste ano, o PIB do Brasil era US\$ 594 bilhões. Entre 1990 a 2000, o crescimento econômico brasileiro superou o crescimento populacional, elevando em 13% o PIB *per capita* (US\$ 3.492,63, em 2000).

Entretanto, uma parcela significativa de sua população encontra-se em situação de pobreza, havendo também grandes disparidades regionais. Assim, as prioridades nacionais 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. Apesar da melhoria dos indicadores sociais, sobretudo na última década, o país ainda tem um longo caminho a percorrer.

INVENTÁRIO NACIONAL DE GASES DE EFEITO ESTUFA

Estimativas de 1990 a 1994

O Brasil, país signatário da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (Convenção do Clima), tem como uma de suas principais obrigações a elaboração e atualização periódica do Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa não Controlados pelo Protocolo de Montreal (Inventário).

Como determina a Convenção do Clima, o Inventário deve incluir apenas as emissões e remoções de gases de efeito estufa causadas pelas atividades humanas (antrópicas). Assim foram considerados, no presente inventário, o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄), o óxido nitroso (N₂O), os hidrofluorcarbonos (HFC), os perfluorcarbonos (PFC) e o hexafluoreto de enxofre (SF₆). Também foram estimadas as emissões dos chamados gases de efeito estufa indireto, como os óxidos de nitrogênio (NO_x), o monóxido de carbono (CO) e outros compostos orgânicos voláteis não metânicos (NMVOCs). Os gases acima foram estimados segundo as fontes de emissão, chamadas setores: Energia, Processos Industriais, Uso de Solventes e Outros Produtos, Agropecuária, Mudança no Uso da Terra e Florestas, e Tratamento de Resíduos.

A elaboração do Inventário foi norteada pelas diretrizes do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), e envolveu importante parcela da comunidade científica e empresarial brasileira, além de diversos setores governamentais. Os resultados desse esforço encontram-se na Tabela I, que resume as estimativas das emissões de gases de efeito estufa, para o ano base 1994, separadas por setores e acompanhadas do percentual de crescimento em relação às de 1990.

Sumário Executivo

Tabela I - Estimativas das emissões de gases de efeito estufa no Brasil, em 1994

Setores	Energia	variação 90 / 94	Processos Industriais	variação 90 / 94	Uso de Solventes e Outros Produtos	variação 90 / 94	Agropecuária	variação 90 / 94	Mudança no Uso da Terra e Florestas	variação 90 / 94	Tratamento de Resíduos	variação 90 / 94	TOTAL	variação 90 / 94
Gases	(Gg)	(%)	(Gg)	(%)	(Gg)	(%)	(Gg)	(%)	(Gg)	(%)	(Gg)	(%)	(Gg)	(%)
CO ₂	236.505	16	16.870	0					776.331	2			1.029.706	5
CH ₄	401	-9	3	8			10.161	7	1.805	12	803	9	13.173	7
N ₂ O	9	11	14	61			503	12	12	12	12	6	550	12
HFC-23			0,157	30									0,2	30
HFC-134a			0,125										0,1	
CF ₄			0,345	19									0,3	19
C ₂ F ₆			0,035	19									0,0	19
SF ₆			0,002	0									0,0	0
NO _x	1.601	11	11	39			239	9	449	12			2.300	11
CO	12.266	-12	510	39			2.787	10	15.797	12			31.360	1
NMVOC	1.596	-16	358	3	521	46							2.474	-5

O Brasil apresenta um perfil de emissões diferente daqueles dos países desenvolvidos, em que as emissões provenientes da queima de combustíveis fósseis representam a maior parte das emissões. Em setores importantes para o Brasil, como a agricultura e a mudança no uso da terra e florestas, houve necessidade de desenvolvimento de metodologia adequada às características nacionais. Nesses setores, os fatores de emissão sugeridos pelo IPCC e usados na falta de estimativas para as condições brasileiras podem não refletir, necessariamente, a realidade brasileira. Onde foi possível, novas pesquisas foram realizadas no Brasil, tendo sido encontrados, em alguns casos, valores significativamente diferentes daqueles sugeridos pelo IPCC.

Emissões dos Principais Gases de Efeito Estufa

Em 1994, as emissões de CO₂ foram estimadas em 1.030 Tg, destacando-se o Setor Mudança no Uso da Terra e Florestas, com 75% das emissões, seguido do Setor Energia, com 23%.

Nesse mesmo ano, as emissões de CH₄ foram estimadas em 13,2 Tg, sendo o Setor Agropecuária responsável por 77% das emissões, seguido pelo Setor Mudança no Uso da Terra e Florestas, com 14% das emissões.

As emissões de N₂O, em 1994, foram estimadas em 0,55 Tg, sendo o Setor Agropecuária responsável por 92% do total de emissões.

A seguir as estimativas da Tabela I, que representam os resultados do ano de 1994, são comentadas por setor e subsetor.

Setor Energia

São estimadas neste setor todas as emissões antrópicas devidas à produção, à transformação e ao consumo de energia. Inclui tanto as emissões resultantes da queima de combustíveis quanto as emissões devidas a fugas na cadeia de produção, transformação, distribuição e consumo.

As emissões mais importantes são as referentes ao CO₂, 237 Tg/ano, basicamente devido à queima de combustíveis fósseis (98%), com um aumento de 16% de 1990 a 1994, refletindo um crescimento do seu consumo. Segue-se o CH₄, com 0,4 Tg/ano, em grande parte (70%) devido à queima de biomassa (lenha, carvão vegetal, etc.), que diminuindo 9% no período devido à queda de consumo dessas fontes.

As emissões dos gases de efeito estufa indireto foram, na maior parte, devido ao subsetor de transporte rodoviário. A maior parte dessas emissões (CO e NMVOC) apresentaram significativa redução no período devido às transformações tecnológicas na frota de veículos.

Setor Processos Industriais

São estimadas neste setor as emissões antrópicas resultantes dos processos produtivos nas indústrias e que não são resultado da queima de combustíveis.

Também aqui as emissões mais importantes são as de CO₂, 17 Tg, basicamente devido à produção de cimento e de cal (80%), que não sofreram alterações significativas. As emissões de N₂O, com 0,014 Tg, por sua vez, são devidas principalmente à produção de ácido adípico (96%), e tiveram expressivo aumento no período de 1990 a 1994.

Setor Uso de Solventes e Outros Produtos

A evaporação dos solventes, durante o processo de sua utilização, gera emissões de NMVOC, gases de efeito estufa indireto, que totalizaram 0,5 Tg em 1994.

Setor Agropecuária

Neste setor as emissões de CH₄ alcançaram 10 Tg, devido ao fenômeno da fermentação entérica dos rebanhos de ruminantes (92%), que inclui o grande rebanho de gado bovino, o segundo maior do mundo. As emissões de N₂O somaram 0,5 Tg e foram devidas a várias fontes, entre as quais se destaca os dejetos de animais em pastagem (43%).

A prática da queima da cana-de-açúcar antes da colheita foi a principal responsável pelas emissões dos gases de efeito estufa indireto neste setor.

Setor Mudança no Uso da Terra e Florestas

Devido à grande extensão territorial do Brasil, a estimação dos valores envolvidos neste setor foi um dos pontos mais complexos do Inventário, envolvendo trabalhos extensos de levantamento e tratamento de dados de sensoriamento remoto, estatísticos e derivados de inventário florestal. Três subsectores são analisados:

- Conversão de florestas em atividades de agricultura e pecuária, ou seja, desflorestamento de áreas de vegetação nativa, e regeneração de florestas pelo abandono de terras cultivadas. Desflorestamento significa emissão de CO₂ para a atmosfera e a regeneração, ao contrário, remoção de CO₂.
- Alterações do conteúdo de carbono nos solos, causadas por mudanças de uso do terra, como a conversão de florestas para uso agrícola e pastagens e vice-versa. Essas alterações dependem de diversos fatores: o tipo de uso e das práticas de manejo de solo utilizadas, avaliadas num período de 20 anos; a aplicação de calcário para combater a acidez dos solos e melhorar sua fertilidade; e a conversão de solos orgânicos para agricultura, que provoca rápida oxidação de matéria orgânica. As variações de carbono são associadas a emissões e remoções de CO₂.
- Florestas plantadas no país, especificamente as de uso industrial, atividade em contínua expansão e que resulta no aumento também de biomassa estocada. Neste subsector há emissões e remoções de CO₂, com predomínio das últimas.

As emissões líquidas deste setor somaram 776 Tg de CO₂, que se dividem pelos subsectores apresentados: 96% das emissões líquidas totais podem ser creditadas à conversão de florestas em atividades de agricultura e pecuária; 10% são devidas às alterações do conteúdo de carbono nos solos; e uma redução de 6% desse total é devida às remoções por florestas plantadas.

A queima de biomassa nas áreas de conversão de florestas para outros usos foi responsável por emissões de 1,8 Tg de CH₄, além de emissões de gases de efeito estufa indireto.

Setor Tratamento de Resíduos

A disposição de resíduos sólidos propicia condições anaeróbias que geram metano. O potencial de emissão desse gás aumenta quanto maiores as condições de controle dos aterros e profundidade dos lixões. Já a incineração de lixo tem pouca expressão no país.

Quanto aos esgotos com um alto grau de conteúdo orgânico, como os provenientes das residências e do setor comercial e os efluentes da indústria de alimentos e bebidas e os da indústria de papel e celulose, eles têm um grande potencial de emissões de metano.

As emissões deste setor foram estimadas em 0,8 Tg de CH₄, com um crescimento de 9% desde 1990. Grande parte desse valor é gerada pela disposição do lixo (84%). No caso dos esgotos domésticos, em função do conteúdo de nitrogênio na alimentação humana, ocorrem ainda emissões de óxido nitroso, 0,012 Tg em 1994.

DESCRIÇÃO DAS MEDIDAS PREVISTAS OU TOMADAS PARA A IMPLEMENTAÇÃO DA CONVENÇÃO NO BRASIL

De acordo com o princípio da responsabilidade comum, porém diferenciada, apenas os países no Anexo I da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima assumiram compromissos visando a redução ou limitação de suas emissões. No âmbito da Convenção, os países não pertencentes a esse grupo (Partes não incluídos no Anexo I) não têm compromissos quantificados de redução ou limitação de emissões antrópicas de gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal. Afinal, reconhece-se que a contribuição relativa desses países nas emissões globais desses gases deverá crescer, de forma a atender suas necessidades sociais e de desenvolvimento. Por conseguinte, o Brasil não tem compromisso de redução ou limitação de emissões de gases de efeito estufa.

Contudo, apesar de ser um país em desenvolvimento, existe no Brasil uma série de programas que promovem uma redução considerável dessas emissões. Alguns deles são responsáveis pelo Brasil ter uma matriz energética relativamente "limpa", no sentido específico de menores emissões de gases de efeito estufa por unidade de energia produzida ou consumida. Diversas outras iniciativas em estágio de implementação também contribuirão para a inflexão da taxa de crescimento da curva de emissões de gases de efeito estufa no país.

Outros programas em implementação no país estão em conformidade com os demais compromissos assumidos pelo Brasil no âmbito do Artigo 4.1 da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, tais como promoção de pesquisa, capacitação e atividades de observação sistemática relacionadas com a mudança do clima; promoção e cooperação na área de educação, treinamento e conscientização pública em relação ao tema.

Programas e Ações Relacionados com o Desenvolvimento Sustentável

Dentre os programas relacionados com o desenvolvimento sustentável, destacam-se o Programa Nacional do Álcool - Proalcool, desenvolvido para evitar o aumento da dependência externa de divisas quando dos choques de preço de petróleo. De 1975 a 2000, foram produzidos cerca de 5,6 milhões de veículos movidos a álcool hidratado. Acrescido a isso, o Programa substituiu por uma fração de álcool anidro (entre 1,1% a 25%¹) um volume de gasolina pura consumida por uma frota superior a 10 milhões de veículos a gasolina, reduzindo, assim, nesse período, emissões de CO₂ da ordem de 400 milhões de toneladas de CO₂ e a importação de aproximadamente 550 milhões de barris de petróleo (o que proporcionou uma economia de divisas da ordem de 11,5 bilhões de dólares²).

¹ De acordo com os dados do Balanço Energético Nacional (BEN, 2001), o teor de álcool anidro na mistura (gasolina/álcool anidro) variou, no período de 1975 a 2000, entre o mínimo de 1,1% (em 1975) e um máximo de 25% (em 1999).

² Considerando a substituição de 1 litro de gasolina por 1 litro de álcool anidro e por 1,25 litro de álcool hidratado, 5% de energia consumida no refino, preço médio do petróleo "Brent" (British Petroleum BP) e percentual de importação de petróleo (BEN) para o período de 1975-2000, além da importação de etanol e metanol no período 1990-1999. Considerando, ainda, a média de CO₂ reduzido com a substituição da gasolina de 0,63 kg de C por litro de gasolina (IPCC).

Sumário Executivo

A emissão de CO₂ do setor elétrico brasileiro está entre as mais baixas do mundo, considerando a população e o PIB. A geração de energia elétrica no país é basicamente não emissora de gases de efeito estufa. Em 2000, o mercado brasileiro de energia elétrica exigiu a produção de 322 TWh em centrais elétricas de serviço público. Cerca de 93,5% dessa produção³, ou 301,4 TWh, foram de origem hidráulica. Do percentual restante, parcela significativa foi produzida a partir de energia nuclear (cerca de 1,5%) e de biomassa (cerca de 3%). Em função desses valores, o setor elétrico brasileiro assume características especiais, não só como um dos maiores produtores mundiais de energia hidrelétrica, mas também pela alta participação da hidreletricidade no atendimento de seus requisitos de energia elétrica.

Outros programas importantes visam a redução de perdas e eliminação de desperdícios na produção e no uso de energia, além da adoção de tecnologias de maior eficiência energética, e contribuem para adiar investimentos em novas centrais elétricas ou refinarias de petróleo. Dentre esses programas, destacam-se o PROCEL Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica programa de governo que, desde 1985, desenvolve uma série de atividades de combate ao desperdício de energia elétrica. No período de 1986 a 1997, o PROCEL possibilitou uma economia de energia de cerca de 4.900 GWh, a um custo inferior a R\$ 236 milhões, frente a um investimento evitado de R\$ 2,3 bilhões na construção de uma usina com capacidade instalada de 1.133 MW.

Ademais, há o Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados de Petróleo e do Gás Natural - CONPET, criado em 1991 com a finalidade de desenvolver e integrar as ações que visam a racionalização do uso de derivados de petróleo e do gás natural. A meta do CONPET é obter um ganho de eficiência energética de 25% no uso de derivados de petróleo e do gás natural nos próximos vinte anos, sem afetar o nível das atividades dos diversos setores da economia nacional.

O Brasil, em 2002, propôs a "Brazilian Energy Initiative" no âmbito da Cúpula Mundial para o Desenvolvimento Sustentável Rio +10, em Joanesburgo, África do Sul, visando que os países se comprometessem a aumentar a participação de fontes renováveis de energia em sua oferta interna de energia, o que demonstra que o país aposta nessas medidas de desenvolvimento sustentável. Nas áreas remotas existe uma demanda reprimida que fará crescer a demanda por energia solar fotovoltaica, sistemas eólicos de pequeno porte, co-geração com uso de biomassa (bagaço de cana, gaseificação de madeira) e sistemas de geração utilizando óleos vegetais. Espera-se, para os próximos dez anos, que essas fontes representem aproximadamente 5% da oferta nacional, principalmente por meio de programas como o Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios - PRODEEM. Assim, incentivos institucionais e regulatórios foram introduzidos buscando reduzir o espaço ocupado pelos combustíveis fósseis, em benefício de fontes renováveis locais.

O Brasil é um dos poucos países que mantém o uso do carvão vegetal no processo de produção no setor metalúrgico, principalmente no setor siderúrgico, concentrando-se na indústria de ferro-gusa e aço. Em vários países, os processos siderúrgicos substituíram o carvão vegetal pelo carvão mineral. O uso de carvão vegetal originário de florestas plantadas reduziu a emissão de 50 milhões t CO₂ no setor industrial entre 1990 e 2000.

³ Ou cerca de 88,5% do mercado de 347,7 TWh, caso se inclua autoprodutores de energia elétrica.

Programas e Ações que Contribuem para Mitigar a Mudança do Clima e seus Efeitos Adversos

A demanda brasileira por eletricidade tem crescido muito mais rapidamente que a produção de energia primária e a economia do país, tendência que deve persistir nos próximos anos, exigindo novas estratégias de planejamento energético. Embora as emissões tendam a crescer, em vista da prioridade do país em seu desenvolvimento, antecipa-se que essa tendência possa ser modificada ou até mesmo revertida com os programas e ações acima mencionados.

Além do mais, vários programas em andamento no Brasil buscam substituir fontes de energia fósseis, com alto conteúdo de carbono por unidade de energia gerada, por outras de menor conteúdo, ou gerando emissões de gases de efeito estufa com menor potencial de aquecimento global. Apesar de não serem sustentáveis a longo prazo, certos programas e ações têm por objetivo ajudar a mitigar a mudança do clima e contribuir para que seja alcançado o objetivo final da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima.

Esse é o caso do gás natural, tendo melhor eficiência de conversão que outros combustíveis fósseis, resulta em emissões mais baixas de CO₂ por unidade de energia gerada. Comparada à queima de óleo combustível, a opção pelo gás natural possibilita a redução de 27% na emissão total de gás CO₂ nas usinas projetadas com tecnologia de geração baseada no ciclo a vapor convencional, de 31% nas turbinas a gás e de 28% para a geração termelétrica oriunda de ciclo combinado.

Além do mais, há programas importantes sendo desenvolvidos visando a redução das emissões fugitivas de CH₄ na produção de petróleo e gás natural no país como o Programa Queima Zero que, entre 2002 e 2005, reduzirá a emissão de cerca de 15 milhões de toneladas de CO₂.

Pesquisa e Observação Sistemática

O Brasil está promovendo e cooperando em pesquisas científicas e em observações sistemáticas visando esclarecer, reduzir ou eliminar as incertezas ainda existentes em relação às causas, efeitos, magnitude e evolução no tempo da mudança do clima.

Nesse contexto, equipes de pesquisadores brasileiros estão participando do esforço internacional de programas mundiais de pesquisa relacionada à mudança do clima, como o Sistema de Observação do Clima Global - GCOS, o Sistema de Observação Oceânica Global - GOOS, o Pirata - *Pilot Research Moored Array in the Tropical Atlantic*, entre outros.

Dentre as iniciativas de pesquisa lideradas pelo Brasil, destaca-se o Experimento de Grande Escala Biosfera-Atmosfera na Amazônia - LBA, que visa ampliar a compreensão do funcionamento climatológico, ecológico, biogeoquímico e hidrológico da Amazônia, do impacto das mudanças dos usos da terra nesse funcionamento e das interações entre a Amazônia e o sistema biogeofísico global da Terra.

Os projetos realizados no âmbito do Programa Piloto para Proteção das Florestas Tropicais Úmidas no Brasil - PPG7 e a elaboração de modelos regionais de mudança do clima são outros exemplos de pesquisas de grande relevância que estão sendo desenvolvidos no país. Destacam-se, ainda, as pesquisas relacionando glaciologia e mudança do clima.

Uma grande contribuição do Brasil para as negociações da formação do regime internacional de mudança do clima foi a denominada "Proposta Brasileira". Trata-se do documento intitulado "Elementos propostos de um protocolo para a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, apresentado pelo Brasil em resposta ao Mandato de Berlim", submetido à Convenção em maio de 1997. Este documento propõe uma mudança de paradigma ao definir um critério objetivo para avaliar a responsabilidade de cada país em causar a mudança do clima, em termos da respectiva responsabilidade relativa e diferenciada ao contribuir com o aumento de temperatura da superfície terrestre, por meio de suas emissões históricas de gases de efeito estufa de origem antrópica desde a Revolução Industrial.

Educação, Treinamento e Conscientização Pública

Apesar das questões relacionadas à mudança do clima serem complexas, de difícil compreensão por leigos, e do limitado material de leitura disponível em português no tema, tem-se procurado ampliar a educação, a conscientização pública e o treinamento sobre as questões relacionadas à mudança do clima.

Diversos programas educacionais implementados no Brasil estão em consonância com os objetivos da Convenção. Em particular, cabe destacar o Programa Nacional de Educação Ambiental - PRONEA e a Política Nacional de Educação Ambiental - PNEA, que visam promover um amplo programa de educação ambiental no Brasil, e os programas "PROCEL nas Escolas" e "CONPET nas Escolas", especialmente dirigidos para crianças e adolescentes, por meio de parcerias com instituições de ensino. Seus objetivos são ampliar a consciência de professores e alunos sobre a importância de usar a energia elétrica, derivados de petróleo e gás natural de forma eficiente.

O Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas - FBMC, presidido pelo Presidente da República, criado em 2000, visa promover a conscientização e a mobilização da sociedade sobre a mudança global do clima, desenvolvendo uma série de atividades nessa área.

O site do Ministério da Ciência e Tecnologia sobre mudança do clima na Internet, com cerca de 3.000 páginas e 14 MB de informações disponíveis na Internet, em 2000, disponibiliza informações sobre todo o processo de negociação da Convenção, principais referências sobre a ciência do clima e o estado atual de preparação da Comunicação Nacional (em português, inglês e espanhol; e a partir de 2002 também em francês). Outros sites no Brasil também têm contribuído para o aumento da conscientização pública sobre o tema. Ademais, algumas publicações em português (como a versão do texto oficial da Convenção e do Protocolo de Quioto), artigos de jornais e revistas, programas de rádio e TV, a realização de seminários e debates vêm ajudando na divulgação de um tema que até pouco tempo era bastante desconhecido no país.

Efeitos da Mudança Global do Clima nos Ecossistemas Marinhos e Terrestres

O governo brasileiro, no início das atividades de implementação da Convenção no Brasil, definiu como estratégia dar ênfase aos estudos para subsidiar a elaboração do Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas Líquidas de Gases de Efeito Estufa, apesar dos limitados recursos humanos e financeiros. Contudo, a pequena

bibliografia existente sobre vulnerabilidade e adaptação dos diferentes sistemas naturais à mudança climática foi analisada, numa tentativa de entender as interações diretas e indiretas entre clima e sociedade no Brasil.

Os estudos considerados prioritários, em uma avaliação preliminar, foram os seguintes:

- seca no Nordeste e outras regiões do país e seus impactos na agricultura, pecuária e na geração de energia hidrelétrica;
- enchentes, que representam um problema sério em várias regiões, incluindo a Região Metropolitana do Rio de Janeiro;
- geadas e seus impactos, principalmente para as culturas de café e laranja, em particular nas regiões Sul e Sudeste do país;
- impactos da mudança climática na produtividade de culturas agrícolas (milho, soja, trigo, etc.) de importância significativa para o PIB do país;
- vulnerabilidade das zonas costeiras em virtude do aumento do nível do mar, sendo importante a implementação de uma abordagem preventiva quando da seleção de locais para a expansão urbana e localização de indústrias;
- vulnerabilidade na área da saúde, em especial em relação à transmissão de várias doenças infecciosas cujos vetores e parasitas são particularmente sensíveis às alterações climáticas (malária, dengue etc.);
- impactos da mudança do clima no setor elétrico, dada a predominância de geração hidrelétrica no país; e
- branqueamento de corais nas costas brasileiras.

Para enfrentar esses impactos potenciais da mudança do clima, é necessário promover e aprimorar sistemas de alerta para desastres, como o desenvolvido no Rio de Janeiro e em outros estados do país.

No entanto, quando se considera a questão de mudança do clima no Brasil, depara-se com o problema da falta de cenários plausíveis dos futuros climas possíveis no país, considerando um horizonte de 100 anos. O Brasil é um país de grandes proporções, com regiões muito diferentes entre si, como a Amazônia, o semi-árido do Nordeste, o Centro-Oeste, as pradarias no Sul e o Pantanal. Cada região poderá ter diferentes características climáticas no futuro. O conhecimento atual das dimensões regionais da mudança global do clima, entretanto, é ainda muito fragmentado.

Para a elaboração de estudos de vulnerabilidade e impactos é fundamental desenvolver modelos de mudança de clima de longo prazo, com resolução espacial adequada para análise regional. Um trabalho neste sentido já foi iniciado no Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE.

Formação de Capacidade Nacional e Regional

Neste capítulo, são descritas as iniciativas de capacitação relacionadas com a Convenção sobre Mudança do Clima, em especial as atividades do Centro de Previsão do Tempo e Estudos de Clima - INPE/CPTEC, a participação de cientistas brasileiros no IPCC e, no âmbito regional, o papel do

Sumário Executivo

Instituto Interamericano para Pesquisas em Mudanças Globais - IAI, organização intergovernamental do continente americano dedicada à pesquisa em mudanças globais, cuja sede foi instalada no Brasil.

Integração das Questões sobre Mudança do Clima no Planejamento de Médio e Longo Prazo

A conscientização das questões ambientais a médio e longo prazo são imprescindíveis para o desenvolvimento sustentável. O governo brasileiro, ciente desse princípio, buscou no processo de elaboração da Agenda 21 nacional estabelecer estratégias para assegurar o desenvolvimento sustentável no país, recomendando ações, parcerias, metodologias e mecanismos institucionais para a sua implementação e monitoramento.

Além do mais, o Brasil tem uma das legislações ambientais mais avançadas de todo o mundo, embora ainda haja dificuldades administrativas e institucionais para implementação de suas diretrizes.

No que se refere às políticas nacionais de planejamento de médio e longo prazos, pela primeira vez no Plano Plurianual do Governo - PPA 2000-2003, foi estabelecido um programa específico sobre mudanças climáticas com recursos do orçamento fiscal para desenvolver informações científicas relativas à emissão de gases de efeito estufa e subsidiar a definição de uma política de atuação nessa área.

Muitos programas desenvolvidos no país não têm como objetivo direto reduzir as emissões de gases de efeito estufa, mas terão efeitos sobre as emissões provenientes de diferentes fontes. Um dos fatos mais importantes é a constatação de que não apenas o nível federal está envolvido, mas também estados e municípios.

Em nível federal, o Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar - PRONAR, busca controlar a qualidade do ar, estabelecendo limites nacionais para as emissões. Há ainda o Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE, que tem o mesmo objetivo, mas trata especificamente da poluição do ar por veículos automotores. Este é certamente um dos mais bem sucedidos programas ambientais já implementados no país. O sucesso do programa pode ser verificado na análise das reduções de emissão de diversos gases por veículos leves de passageiros, antes de 1980 e no ano 2000: CO (de 54 g/km para 0,63 - 0,73 g/km), HC (de 4,7 g/km para 0,13 - 0,18 g/km), NO_x (de 1,2 g/km para 0,21 g/km) e CHO (de 0,05 g/km para 0,004 - 0,014 g/km).

Apesar desses programas estarem ligados ao combate da poluição local e não diretamente à mudança do clima, eles são mencionados pelo aspecto institucional e legislativo envolvido e podem, no futuro, possibilitar a criação de instrumentos e legislação semelhante para o caso de emissões antrópicas de gases de efeito.

O Artigo 4.1 (d) da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima indica que as Partes devem "promover a gestão sustentável, bem como promover e cooperar na conservação e fortalecimento, conforme o caso, de sumidouros e reservatórios de todos os gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal, incluindo a biomassa, as florestas e os oceanos, como também outros ecossistemas terrestres, costeiros e marinhos". Neste sentido, o Brasil conta com importantes programas, relacionados a seguir.

O projeto Estimativa do Desflorestamento Bruto da Amazônia PRODES, é um dos exemplos mais expressivos de monitoramento da cobertura da terra utilizando dados de satélite, permitindo que se estime, anualmente e de forma compreensiva, a taxa de desflorestamento bruto em áreas de floresta na região amazônica brasileira. Os resultados desse projeto têm permitido ao governo traçar estratégias e implementar medidas visando diminuir as atividades de desflorestamentos na região.

O Brasil também foi pioneiro na utilização de dados de satélites meteorológicos para monitorar as queimadas no país, culminando na criação do Programa de Prevenção e Controle às Queimadas e aos Incêndios Florestais PROARCO, implementado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis IBAMA em parceria com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais INPE, visando prevenir e controlar as queimadas no país, evitando, desta forma, a ocorrência de incêndios florestais.

Além disso, há um grande número de Unidades de Conservação Federais no país, para proteger e conservar amostras da flora e fauna existentes. Essas Unidades compreendem uma área total de 44.835.960,84 hectares (448,35 mil km²), equivalente a 5,25% do território brasileiro. Não incluem as áreas de reservas indígenas, que totalizam 97.624.245 ha. e correspondem a 11,42% do território nacional. Somando-se as terras indígenas às unidades de conservação federais e estaduais, o percentual de áreas protegidas, com diferentes graus de proteção, sobe para 20,78% do território nacional, sendo que a Amazônia Legal concentra cerca de 94% das terras abrangidas.

Medidas de caráter financeiro e tributário (Protocolo Verde, responsabilidade ambiental dos bancos, restrições de crédito rural ao infrator ambiental, ICMS ecológico, entre outros) também têm se mostrado de grande importância para a redução de passivos ambientais e para a promoção do desenvolvimento sustentável, já demonstrando resultados significativos. Como um dos exemplos concretos dessas medidas, verificou-se que o incentivo fiscal para veículos com motores de 1.000 cilindradas no Brasil acarretou reduções de emissões⁴ da ordem de 22 milhões tCO₂ no período de 1993 a 2000.

⁴ Adotando uma média de 22% de álcool anidro misturado à gasolina.

Autores, revisores e colaboradores

Acácio Consoni
Adalberto Leão Bretas
Adelino Silva
Ademir Gomes da Silva
Adilson Elias Xavier
Adilson Queirantes
Adilson Soares
Adilson Wagner Gandu
Adriana Benini Brangeli
Adriana Gonçalves Moreira
Adriana Goretti M. Chaves
Adriana Lannes Souza
Adriana Taqueti
Adriane Alves Silva
Adriano J. Diniz Costa
Afrânio Manhães Barreto
Agnaldo da Silva Barros
Ailson Alves da Costa
Aílton José da Silva
Aírdem Gonçalves de Assis
Alan Douglas Poole
Alberto Duque Portugal
Alexandre Augusto Barbosa
Alexandre Bahia Santiago
Alexandre Lana Menelau
Alexandre Matheus Pontes Gomes
Alexandre Romanaze
Alexandre S. Miranda
Alexandre Salim Szklo
Alexandre Varanda
Alfredo José Barreto Luiz
Alfredo Kerzner
Alfredo Marquesi Júnior
Alfredo Paes Jr.
Alfred Szwarc
Alice Branoc Weffort
Aloísio Torres de Campos
Aluísio Campos Machado
Álvaro José Menezes das Costa
Álvaro Mesquita
Amanda Almeida Gabriel
Amantino de Freitas
Amílcar Guerreiro
Amílcar Machado
Ana Carolina L. M Menezes
Ana Cristina Ollé Xavier
Ana Elisabete C. Jucá
Ana Maria Bueno Nunes
Ana Maria Castelo
Ana Maria Gusmão de Carvalho Rocha
Ana Maria Sousa Machado
Ana Paula Pacheco Ferro
Ancelmo Cristiniao Oliviera
Andelson Gil do Amaral
André Correa do Lago
André Novo
Andréia Franzoni
Ângelo Augusto dos Santos
Ângelo Mansur Mendes
Aníbal J. Pampermayer
Aníbal Luiz Calumbi Lôbo
Anizio Azzini
Antônia Magna M. B. Diniz
Antônia Selma Delegá Ramos
Antônio Carlos A. de Oliveira (in memoriam)
Antônio Carlos Gomes
Antônio Carlos Miranda
Antônio Dayrell de Lima
Antônio Fernando P. da Silva
Antônio Franco
Antônio José Vallin Guerreiro

Antônio Natal
Antônio Rocera Magalhães
Antônio Valter M. de Mendonça
Antônio Vieira
Aparecido de Freitas
Araê Boock
Araquém Luiz de Andrade
Ariovaldo Luchiari Junior
Armando Rabuffetti
Arnaldo Celso Augusto
Arnaldo Costa Chimenes Filho
Arnaldo Saksida Galvão
Augusto Jucá
Aumara Feu Alvim Marques
Beatriz de Bulhões Mossri
Benedito Ap. dos S. Rodrigues
Benedicto Fonseca Filho
Bernardo Rios Zin
Bernardo Van Raj
Boanésio Cardoso Ribeiro
Bohdan Matvienko
Boris Schneiderman
Boris Volkoff
Bráulio Ferreira de Souza Dias
Caetano Carmignani
Caio Antônio do Amaral
Camilo Daleles Rennó
Camilo H. P. Marcos
Cândido de Souza Lomba
Carai R. A. Bastos
Carlos Afonso Nobre
Carlos Alberto Salgueiro
Carlos Alberto Siqueira Paiva
Carlos Alberto Simões de Arruda
Carlos Alberto Venturlli
Carlos Augusto Pimenta
Carlos Castro
Carlos Cláudio Perdomo
Carlos Clemente Cerri
Carlos de Campos Mantovani
Carlos Eduardo Machado Poletta
Carlos Eduardo Morelli Tucci
Carlos Eduardo N. Favaro
Carlos Eugênio de Azeredo
Carlos Fernando Lemos
Carlos Feu Alvin
Carlos Frederico Menezes
Carlos Roberto de Lima
Carlos Roberto Sarni
Carmélio Pereira de Melo
Carmen Lúcia Vergueiro Midaglia
Carole A. dos Santos
Catia Reis de Camargo
Célio Bermann
Celso Boin
Celso Cruzeiro
Celso Jamil Marur
César da Silva Chagas
César Mendonça
César Weinschenk de Faria
Christopher Wells
Chou Sin Chou
Cibelle Marques Pedroza
Cícero A. Lima
Cícero Nascimento Magalhães
Cláudia Firmino
Cláudia Júlio Ribeiro
Cláudio Aparecido de Almeida
Cláudio Cícero Sabadini
Cláudio F. Neves
Cláudio Guedes Oliveira

Cláudio Júdice
Cláudio Ramalho Townsend
Corina Costa Freitas Yanasse
Cristina Montenegro
Cristiane Aparecida Cunha
Dalton de Morisson Valeriano
Daniel Gianluppi
Daniele M.G. Casarin
Danilo Matos da Silva
David Gomes Costa
Décio Magioli Maia
Deise Maria F. Capalbo
Delchi Migotto Filho
Deraldo Marins Cortez (in memoriam)
Diana P. Marinho
Dieter Muehe
Dimas Vital Siqueira Resck
Danael Bucces
Diógenes S. Alves
Diolindo Manoel Peixoto de Freitas
Dirceu João Duarte Talamini
Donizetti Aurélio do Carmo
Douglas Pereto
Edgar Rocha Filho
Ednaldo Oliveira dos Santos
Edson E. Sano
Eduardo Assad
Eduardo Carpentieri
Eduardo de Souza
Eduardo Gonçalves
Eduardo Luiz Correia
Eduardo Sales Novaes
Eduardo Salomoni
Elaine Assis Santos
Elaine Cristina Cardoso Fidalgo
Élcio Luiz Farah
Eliana dos Santos Lima Fernandes
Eliana Karam
Elisabeth Matvienko
Elsó Vitoratto
Emílio Lebre la Rovere
Enéas Salati
Érico Antônio Pozzer
Érico Kunde Corrêa
Ernesto Ronchini Lima
Esther Cardoso
Eugênio Miguel Mancini Scheleder
Eustáquio Reis
Everardo V.T. Sampaio
Everton de Almeida Carvalho
Everton Vieira Vargas
Fábio José Feldmann
Fábio Scatolini
Fábio Triguierinho
Fátima Aparecida Carrara
Félix de Bulhões
Fernanda Aparecida Leite
Fernanda Cristina Baruel Lara
Fernando Almeida
Fernando Fernandes Cardozo Rei
Fernando da Rocha Kaiser
Fernando Hermes Passig
Filadelfo de Sá
Firmino Moraes Sant'anna
Flávia Cristina Aragão
Flávio Célio Goldman
Flávio Jorge Ponzoni
Flávio Luizão
Flávio Sottomayor S. Jr.
Francisco A. Soares
Francisco Aloísio Cavalcante

Autores, revisores e colaboradores

Francisco Carlos do Nascimento
Francisco Carlos N. da Costa
Francisco Humberto C. Júnior
Francisco José Dellai
Francisco Raymundo da Costa Júnior
Franklin Rosa Belo
Franz Josef Kalytner
Franz M. Roost
Frederic Lehodey
Frederico Guilherme Kremer
Frida Eidelman
Fúlvio Eduardo Fonseca
Geraldo Alves de Moura
Geraldo Koeler
Geraldo Weingaertner
Gilberson Moacir Coelho Cabral
Gilberto de Martino Jannuzzi
Gilberto Fisch
Gilberto Osvaldo Ieno
Gilberto Ribeiro da Silva
Gilmar Guilherme Ferreira
Gilberto Moacir Coelho Cabral
Gilmar S. Rama
Gilson Luis Merli
Gilvan Sampaio de Oliveira
Gláucia Diniz
Glaucio Turci
Glória Rossato
Graziela Roberta Amary
Grazielle de Oliveira N. Fiebig
Gui Botega
Guido Gelli
Guilherme Duque Estrada de Moraes
Hamilton Moss de Souza
Haroldo Mattos de Lemos
Hebe Washington Peralta
Hector Agostinho da Silva
Heleno Arthur Depianti
Heleno S. Bezerra
Hélio Carletti Frigeri
Hélio Damasceno de Souza
Helmut Wintruff Koller
Heloísa S. Miranda
Heloíso Bueno de Figueiredo
Hélvio Neves Guerra
Homero Carvalho
Homero Corrêa de Arruda
Humberto Adami
Humberto Crivelaro
Idacir Francisco Pradella
Iêda Correia Gomes
Igor Pantusa Wildmann
Ione Egler
Ionice Maria Vefago
Iracema F. A. Cavalcanti
Irani Carlos Varela
Isabele Dalcin F. Anunciação
Isaías de Carvalho Macedo
Isaura Maria de Rezende Lopes Frondizi
Islaine Lubanco Santos
Israel Klabim
Ivandar Soares Campos
Ivanir Mendes
Ivanise Martins Lima
Ivonice Aires Campos
Izabella Mônica Vieira Teixeira
Jackson Müller
Jacques Gruman
Jacques Marcovitch
Jaime de Oliveira de Campos
Jaime Milan

Jair Albo Marques de Souza
Jairo de Oliveira Pinto Júnior
Janaína Francisco Sala
Janice Romaguera Trotti
Jayme Buarque de Hollanda
Jean Carlos de Assis Santos
Jefferson Cardia Simões
Jefferson Dias
Jelio José Braz
Joana Maria Rocha e Silva
João A. Borba
João A. Lorezenti
João Antônio Moreira Patusco
João Antônio Raposo Pereira
João Antônio Romano
João Augusto Bastos de Mattos
João Batista Menescal Fiúza
João Carlos Heckler
João Carlos Rodrigues
João Cícero
João Emmanoel Fernandes Bezerra
João Espinosa
João Eudes Touma
João Guilherme Sabino Ometto
João Jorge Chedid
João Luiz Corrêa Samy
João Luís Oliveira
João Marinho de Souza
João Paulo C. Júnior
João Pratagil Pereira de Araújo
João Roberto dos Santos
João Wagner Silva Alves
Joaquim do Carmo Pires
Joaquim Godói Filho
Joaquim Pedro Neto
Joelma Ramos
Jonas Irineu
Jorge Almeida Guimarães
Jorge Arthur F.C. de Oliveira
Jorge de Paula Ávila
Jorge de Lucas Jr.
Jorge Paschoal
Jorge Trinkenreich
José A. Noldin
José Aires Ventura
José Antônio Marengo Orsini
José Carlos Costa Barros
José Carlos Gomes Costa
José Cesário Cecchi
José de Arimatéia Santiago
José de Castro Correia
José de Souza Mota
José Edenir Gianotto
José Edisol Parro
José Eugênio Rosa Júnior
José Flamarion de Oliveira
José Galísia Tundisi
José Goldemberg
José Guilherme Moreira de Souza
José Ignácio Ribeiro Neto
José Juliano de Carvalho Filho
José L. César Filho
José Laércio Ribeiro Pinto
José Lúcio Soriano
José Luiz Magalhães Neto
José Luiz Papa
José Luiz Picoli
José Luiz Valim
José Malhães da Silva
José Maria de Oliveira Filho
José Reinaldo Del Bianco

José Renato Cortez Bezerra
José Ricoy Pires
José Roberto Moreira
José Rubens Cicuto
José Serrano
José Tenório Cavalcante
José Valdir Pratali Pioli
José Vicente Ferreira
Josué F. C. Filho
Joval Canos Bizon
Jovelino G. Cerqueira Filho
Judson Ferreira Valentim
Júlia Navarrette
Juliano Mota Lazaro
Jurandir Falas Berbel
Jussara Starling de Medeiros
Kênio Franklin de Freitas
Kleber Covas Martinez
Konnie Peuker
Laércio de S. Campos
Laline Ramirez Nunes
Laryssa Lilian Lopes Sbruzzi
Laura Kikue Kumazawa
Laura Silvia Valente de Macedo
Laura Maria Regina Tétti
Lauro Eduardo de Souza Pinto
Lauro José Scholer
Lázaro de Godoy Neto
Leandro do Prado Wildner
Leandro Fagundes
Leda Freitas Ribeiro
Leni Mari Perotti S. Marini
Lindon Fonseca Matias
Lívio Ribeiro dos S. Neto
Luana de Rosa
Lucas Assunção
Lúcia H. Ribas Machado
Luciana Mara Corrêa
Luciana Spinnelli Araújo
Luciano Fonseca Coppola
Luciano Freire Maia
Luciano Nobre Varela
Luciano Quintans
Luís Antônio Martinelli
Luís Carlos Leonardelli
Luís Fernando Stone
Luís Gustavo Moraes Ferraz
Luís Henrique Sartorlli
Luiz Alberto Figueiredo Machado
Luiz Alberto Oliva Monte
Luiz Antônio Antunes de Oliveira
Luiz Augusto S. de Azevedo
Luiz Carlos B. Biasi
Luiz Carlos Hermes
Luiz Celso Parisi Negrão
Luiz Cláudio Padiar
Luiz Fernando dos Santos
Luiz Gylvan Meira Filho
Luiz Kazuiko Maebara
Luiz Mário Baccarin
Luiz Pereira Ramos
Luiz Pingueli Rosa
Luiz R. A. Cunha
Luiz Renha
Luiz Soares
Luiz Varela Guimarães
Magda Aparecida de Lima
Manoel Alonso Gan
Manoel dos Santos
Manoel Fernandes M. Nogueira
Manoel Régis Lima Verde Leal

Autores, revisores e colaboradores

Manuel Eduardo Ferreira
Manuel Jerez Orozco
Marcela Ohira Schwarz
Marcelo Consiglio
Marcelo Drugg Vianna
Marcelo Meirinho Caetano
Marcelo Pisetta
Marcelo Teixeira Pinto
Marcelo Theoto Rocha
Márcia Amorim Soares Amaral
Marcia Chame
Márcia Cristina Pessoa Fonseca
Márcia Janeiro Pereira
Márcia Valéria Ferraro Gomes
Márcio M. Santos
Márcio Nogueira Barbosa
Márcio Schetinni
Marco A. Silveira Pereira
Marco Antônio Carvalho Pessoa
Marco Antônio Fujihara
Marco Antônio Machado
Marco Antônio Veiga
Marco Aurélio de Sousa Martins
Marco Aurélio dos Santos
Marco Túlio Scarpelli Cabral
Marcos Antônio Vieira Ligo
Marcos Aurélio Vasconcelos de Freitas
Marcos Corrêa Neves
Marcos Eduardo de Souza
Marcos Escaldelai
Marcos Octávio
Marcos Sampol
Margarete Naomi Sato
Margareth Watanabe
Maria A. B. Ourique de Carvalho
Maria Cristina Maciel Lourenço
Maria Cristina Yuan
Maria da Conceição Peres Young
Maria da Conceição Santana Carvalho
Maria de Fátima Salles Abreu Passos
Maria do Socorro B. Nascimento
Maria do Socorro Moura
Maria Feliciano de Ortigão Sampaio
Maria I. S. Escada
Maria Isabel Lessa da Cunha Canto
Maria Isabel Sobral Escada
Maria Lúcia Rangel Filardo
Maria Luíza de Andrade Gatto
Maria Luíza de Araújo Gastal
Maria Luíza Milazzo
Maria Rita Fontes
Maria Sílvia Mulyaert
Maria Teresa Roza
Mariana Cheade
Maricy Marino
Marília Giovanetti de Albuquerque
Marilice Camacho A. Cunha
Mário Antônio Angelicola
Mário F. Leal de Quadro
Mario Garlipp Tagliolato
Mário Krausz
Mário Tachimi
Mário William Esper
Marly Fré Bolognini
Mark Zulauf
Marta Ferreira de Lima de Cano
Martial Bernoux
Maurício Andrés Ribeiro
Maurício Braga Trancho
Maurício José Lima Reis
Maurício Silva Andrade
Maurício Tiomno Tolmasquim
Mauro Garcia Carvalho Rico
Mauro Gebrim
Mauro Luiz Brasil
Mauro Noburu Okuda
Mauro Rodrigues Mello
Maximilian Boch Filho
Máximo Luiz Pompemayer
Mércia Cristina Farat
Michael H. Glantz
Miguel Luiz Henz
Miguel Peta
Milton A. T. Vargas
Milton Cezar Ribeiro
Milton Eduardo Giancoli
Milton Marques
Moacir Marcolin
Mohamed E. E. Habib
Moyzês dos Reis Amaral
Myrthes Marcelle Santos
Nádia Taconelli
Nádima de Macedo P. Nascimento
Nadja N. Marinho Batista
Napoleão Esberard Beltrão
Natal Servílio Téó
Nelson Jesus Ferreira
Nelson João Bissato
Nelson Luiz da Silva
Nelson Machado Guerreiro
Nereida Costa Nobrega de Oliveira
Neuza Maria Maciel
Nilson Clementino Ferreira
Niro Higuchi
Nivaldo Silveira Ferreira
Nuri Oyamburo de Calbete
Odair Zanetti
Odemar Rosa Pereira
Odório Carneiro
Olavo Pereira de Souza
Omar Campos Ferreira
Orlando Cristiano da Silva
Osman Fernandes da Silva
Oswaldo Soliano Pereira
Oswaldo Cabral
Oswaldo dos Santos Lucon
Oswaldo Polizio Júnior
Oswaldo Velinho
Otávio Amorim
Otávio G. A. Abujamra
Paulo César N. Borges
Paulo de Lamo
Paulo de Lima Pinho
Paulo de Lucca
Paulo de Souza Coutinho
Paulo do Nascimento Teixeira
Paulo F. Perotti
Paulo H. Ota
Paulo Henrique Cardoso
Paulo Hilário Nascimento Saldiva
Paulo Honda Ota
Paulo Kanepa
Paulo Macedo
Paulo Marcos C. Santos
Paulo Marinho
Paulo Protásio
Paulo Roberto Cruz
Paulo Roberto Leme
Paulo Roberto Pereira César
Paulo S. Kanazawa
Paulo Schincariol
Paulo Tramontini
Pedro Alberto Bignelli
Pedro Bara Neto
Pedro Calasans de Souza
Pedro de Andrade
Pedro Dias Neto
Pedro Hernandez Filho
Pedro Ivo Barnack
Pedro Leite da Silva Dias
Pedro Santaro Shioga
Pedro Soares
Pedro Tosta de Sá Filho
Peter Greiner
Pietro Erber
Philip Fearnside
Plínio César Soares
Plínio Martins Damásio
Plínio Mário Nastari
Rachmiel M. Litewski
Rafael Schetman
Rafaela Maria Bichuette
Raimundo Nonato Fialho Mussi
Ramayana Menezes Braga
Ramez Augusto Jardim
Raquel Biderman Furriela
Regiane Brito
Regina Hiromi Nuruki Tomishima
Regina Simea Sbruzzi
Reinaldo Bazoni
Renata Yshida
Renato Ricardo A. Linke
Renato Rossetto
Ricardo Alvares Scanavini
Ricardo Cesar Varella Duarte
Ricardo Crepaldi
Ricardo F. da Silva
Ricardo Gerlak
Ricardo Gomes de Araújo Pereira
Ricardo Marques Dutra
Ricardo Pretz
Rilda Francelina Mendes Bloisi
Rildo de Souza Santos
Rita Carla Boeira
Rita de Cássia Vieira Martins
Robério Aleixo Anselmo Nobre
Roberto Bertelli
Roberto da Rocha Brito
Roberto de Aguiar Peixoto
Roberto de Moura Campos
Roberto dos Santos Vieira (in memoriam)
Roberto Ferreira Tavares
Roberto Godinho
Roberto N. Xavier
Roberto Piffer
Roberto Schaeffer
Roberto Telles Prado
Roberto Zilles
Robinson Tadeu Gomes
Robson Rocha
Rodolfo Bassi
Rodolfo Nicastro
Rodrigo de Matos Moreira
Rogério Abdalad
Rogério Henrique Ruiz
Rogério Marchetto Antônio
Rogério Munding
Ronald Antônio da Silva
Ronaldo Kohlmann
Ronaldo Sérgio M. Lourenço
Ronaldo Serôa da Mota
Ronilson Ramos de Aquino

Autores, revisores e colaboradores

Rosana Faria Vieira
Rosana Tiyomi Kirihara
Rosaura Garcia Zucolo
Roselice Duarte de Medeiros
Rosilena Viana de F. Souza
Rozalino Ramos Pereira
Rubem Bastos Sanches de Brito
Rubens Harry Born
Rubens N. B. Grimaldi
Rubens Pereira Brito
Rubens Silva Filho
Rubismar Scholz
Rui Antônio Alves da Fonseca
Rui Feijão
Rui Machado
Rui Maurício Gregório
Rui Nelson T. Almeida
Samyra Crespo
Sandra Cristina Rodrigues
Sandra M. S. Cartaxo
Sandra Soares de Melo
Sandro Pereira Gonçalves
Saulo Marques de Abreu Andrade
Sebastião Amaral de Campos
Sebastião Renato O. Fortes
Sebastião Sérgio Faria
Semida Silveira
Sérgio Antônio da Silva Almeida
Sérgio Antônio Perassa
Sérgio Besserman Vianna
Sérgio Calbete
Sérgio Lopes Dousseau
Sérgio Peres Ramos da Silva
Shinsho Takara
Sidnei J.S. Sant'Anna
Silvana Bassi
Sílvio Arfeli
Sílvio Manoel Silva Gonçalves
Sílvio Pereira Coimbra
Simon Schwartzman
Simone Bentes Normandes Vieira
Simone Georges El Khouri Miraglia
Sin Chan Chou
Sizuo Matsuoka
Sônia Maria Manso Vieira
Sônia Seger P. Mercedes
Sourak Aranha Borralho
Suani Teixeira Coelho
Suzana Kahn Ribeiro
Tassiana Yeda Faria
Thelma Krug
Tomás Caetano Rípoli
Torello Redi Neto
Ulf Walter Palme
Ulisses Confalonieri
Volker Walter Johann Heinrich Kirchhoff
Valdete Duarte
Valdo da Silva Marques
Valéria B. Lima
Valquíria Barbosa Lunardeli
Valquíria Pereira Cabral da Silva
Vera Lúcia Castro
Vera Lúcia de Abreu Vilela
Vicente Hermogério Schamall
Victor Bonesso Júnior
Victor Ferreira de Souza
Victorio L. Furlani Neto
Vilma de Jesus Rodrigues
Wilson Fontana Bastos
Wilson Rodrigues Aguiar
Virgílio Bandeira
Volnei Peruchi
Wagner Moreira
Waldir B. Silva
Waldir Stumpf
Waldomiro Paes
Walmir Costa da Roda
Walmir Fernando G. da Rocha
Waldir Ferro de Souza
Warwick Manfrinato
Weber A. N. Amaral
Wellington B. C. Delitti
Wellington Costa Freitas
Wellington Costa Rodrigues do Ó
Werner Eugênio Zulauf (in memoriam)
Werner Kornexl
Wolmir Pereira Andrade
Yara Campos Almeida
Zulcy Souza

Instituições participantes

Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL
Agência Nacional do Petróleo - ANP
Associação Brasileira da Indústria de Carvão Vegetal - ABRACAVE
Associação Brasileira da Indústria de Óleos Vegetais - ABIOVE
Associação Brasileira da Indústria do Alumínio - ABAL
Associação Brasileira da Indústria Química - ABIQUIM
Associação Brasileira de Celulose e Papel - BRACELPA
Associação Brasileira de Cimento Portland
Associação Brasileira de Criadores de Bovinos da Raça Holandesa
Associação Brasileira de Criadores de Gado de Leite
Associação Brasileira de Criadores de Gado Pardo-Suíço
Associação Brasileira de Extratores e Refinadores de Sal - ABERSAL
Associação Brasileira de Papel e Celulose - BRACELPA
Associação Catarinense de Criadores de Suínos
Associação de Plantadores de Cana de Minas Gerais
Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES
Billiton Metais
Biomass Users Network - BUN
Centrais Elétricas Brasileiras S.A. - ELETROBRÁS
Centro de Energia Nuclear na Agricultura - CENA/USP
Centro Nacional de Referência em Biomassa - CENBIO/USP
Centro Nacional de Tecnologias Limpas - CNTL
Companhia de Controle de Poluição Ambiental e de Tecnologia de Saneamento do Estado de São Paulo - CETESB
Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco - CODEVASF
Companhia de Gás de São Paulo - COMGÁS
Companhia de Serviços Urbanos - Urbana
Companhia Hidro Elétrica do São Francisco - CHESF
Companhia Vale do Rio Doce - CVRD
Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável - CEBDS
Cooperativa de Produtores de Cana, Açúcar e Álcool - COPERSUCAR
Coordenadoria de Assistência Técnica Integral - CATI
e&e Economia e Energia
Eletrobrás Termonuclear S.A. - ELETRONUCLEAR
Embrapa - Acre
Embrapa Agroindústria Tropical - Centro Nacional de Pesquisa de Agroindústria Tropical
Embrapa Algodão - Centro Nacional de Pesquisa de Algodão
Embrapa Cerrados
Embrapa Gado de Corte
Embrapa Gado de Leite
Embrapa Pecuária do Sudeste
Embrapa Pecuária do Sul
Embrapa Rondônia
Embrapa Roraima
Embrapa Solos
Embrapa Suínos e Aves
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA
Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG
Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A. - EPAGRI
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - ESALQ
Frigorífico Marba Ltda.
Frigorífico Rio Doce S.A.
Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável - FBDS
Fundação de Apoio à Pesquisa e Extensão - FAPEX
Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEMA - MT
Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE
Fundação Oswaldo Cruz - FIOCRUZ
Fundação para a Ciência Aeroespacial, Aplicações e Tecnologias - FUNCATE
GDC Alimentos S.A.
Gean Engenharia Ambiental
General Motors
Gessy Lever Ltda.
Indústria de Bebidas Antarctica do Piauí
Indústria de Bebidas Antarctica Ltda.
Indústria de Bebidas Antarctica Niger S.A.
Indústria de Bebidas Antarctica Paulista
Indústria de Bebidas Antarctica Polar
Indústria de Bebidas Antarctica Polar S.A. Curitiba
Indústria de Bebidas Belverde Ltda.
Indústria de Celulose e Papel - CELMAR S.A.
Indústria e Comércio de Carnes Minerva
Indústria Müller S.A.
Indústrias Nucleares do Brasil
Instituto Agrônomo de Campinas - IAC
Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR
Instituto Astronômico e Geofísico - IAG/USP
Instituto Brasileiro de Siderurgia - IBS
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA
Instituto de Eletrotécnica e Energia - IEE/USP
Instituto de Estudos Avançados - IEA/USP
Instituto de Física - IF/USP
Instituto de Zootecnia - CPA/SA
Instituto Nacional de Eficiência Energética - INEE
Instituto Nacional de Meteorologia - INMET
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Laticínios Cambará Ltda.
Laticínios Catupiry Ltda.
Laticínios Leco Ltda.
Laticínios Matinal S.A.
Laticínios Noiva da Colina Ltda.
Laticínios São Miguel Ltda.
Leiner Davis Gelatin Ind. Com. Ltda.
Mauri Brasil Indústria e Com. Importação Ltda
Nature Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento
Nuchar Alimentos Ltda.
P&D Consultoria
Parmalat Ind. Com. Importação Ltda.
Petróleo Brasileiro S.A - PETROBRAS
Prefeitura Municipal de Alvorada
Prefeitura Municipal de Amparo
Prefeitura Municipal de Anápolis
Prefeitura Municipal de Apucarana
Prefeitura Municipal de Araçatuba
Prefeitura Municipal de Araras
Prefeitura Municipal de Atibaia
Prefeitura Municipal de Bagé
Prefeitura Municipal de Batatais
Prefeitura Municipal de Bauru
Prefeitura Municipal de Betim
Prefeitura Municipal de Blumenau
Prefeitura Municipal de Botucatu
Prefeitura Municipal de Caieiras
Prefeitura Municipal de Canoas
Prefeitura Municipal de Catanduva
Prefeitura Municipal de Concórdia
Prefeitura Municipal de Criciúma
Prefeitura Municipal de Cruzeiro
Prefeitura Municipal de Cubatão
Prefeitura Municipal de Curitiba
Prefeitura Municipal de Divinópolis
Prefeitura Municipal de Fernandópolis
Prefeitura Municipal de Foz do Iguaçu
Prefeitura Municipal de Franco da Rocha
Prefeitura Municipal de Guarapuava
Prefeitura Municipal de Guarujá
Prefeitura Municipal de Ibiúna
Prefeitura Municipal de Ilhéus
Prefeitura Municipal de Imperatriz
Prefeitura Municipal de Ipatinga
Prefeitura Municipal de Itanhaém
Prefeitura Municipal de Itapetinga
Prefeitura Municipal de Itapevi
Prefeitura Municipal de Itapira
Prefeitura Municipal de Itatiba
Prefeitura Municipal de Jaboticabal
Prefeitura Municipal de Jacareí
Prefeitura Municipal de Jales
Prefeitura Municipal de Jandira
Prefeitura Municipal de Joinville
Prefeitura Municipal de Lençóis Paulista
Prefeitura Municipal de Marissol
Prefeitura Municipal de Matão
Prefeitura Municipal de Mogi-Guaçu
Prefeitura Municipal de Mogi-Mirim
Prefeitura Municipal de Olímpia
Prefeitura Municipal de Osasco
Prefeitura Municipal de Parnaíba
Prefeitura Municipal de Paulista
Prefeitura Municipal de Petrolina
Prefeitura Municipal de Salto

Instituições participantes

Prefeitura Municipal de Santa Bárbara D'Oeste
Prefeitura Municipal de Santa Cruz do Sul
Prefeitura Municipal de Santa Luzia
Prefeitura Municipal de Santana do Parnaíba
Prefeitura Municipal de São Roque
Prefeitura Municipal de Sapucaia do Norte
Prefeitura Municipal de Sertãozinho
Prefeitura Municipal de Sorocaba
Prefeitura Municipal de Taguatinga
Prefeitura Municipal de Taubaté
Prefeitura Municipal de Uberlândia
Prefeitura Municipal de Valinhos
Prefeitura Municipal de Vitória da Conquista
Prefeitura Municipal de Votorantim
Prefeitura Municipal de Votuporanga
Programa de Planejamento Energético/Coordenação dos Programas de Pós Graduação em Engenharia/Universidade Federal do Rio de Janeiro - COPPE/UFRJ
Programa Nacional de Conservação de Eletricidade - PROCEL/ELETOBRÁS
Programa Nacional do Uso Racional de Derivados de Petróleo e do Gás Natural - CONPET/PETROBRÁS
Progresso Americana S.A. - PRODAM
Sanecon Tecnologia e Assessoria Ltda
Secretaria de Governo do Município de Embú
Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo - SMA/SP
Secretaria de Meio Ambiente do Estado do Rio de Janeiro - SMA/RJ
Secretaria de Meio Ambiente do Leme
Secretaria de Obras e Meio Ambiente - Seobam
Secretaria de Obras e Serviços Públicos de Tupã
Secretaria de Serviços Municipais de Caraguatatuba
Secretaria de Serviços Públicos de Serra
Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano de Contagem
Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Cascavel
Secretaria Municipal de Meio Ambiente e do Verde de São Paulo
Secretaria Municipal de Serviços de Vitória
Secretaria Municipal de Serviços Públicos
Secretaria Municipal de Serviços Urbanos
Secretaria Municipal de Serviços Urbanos de Cuiabá
Secretaria Municipal de Serviços Urbanos de Marília
Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Sete Lagoas
Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial - SENAI
Sindicato da Cana-de-Açúcar - SIDASUCAR
Sindicato Nacional da Indústria de Extração de Carvão Mineral - SNIEC
Sindicato Nacional da Indústria do

Cimento - SNIC
Superintendência de Limpeza Urbana/DF
Superintendência de Limpeza Urbana/SP
Universidade do Amazonas
Universidade Federal de São Carlos - UFSCar
Vega Engenharia Ambiental S/A
White Martins
Winrock International

Símbolos, siglas e abreviaturas

- 4DDA (*Four Dimensional Data Assimilation Scheme*) – Rotina de Assimilação de Dados em 4-Dimensões a.a – ao ano
- AAE – Agência para Aplicação de Energia
- ABC – Agência Brasileira de Cooperação
- ABEER – Associação Brasileira de Energia Renovável e Eficiência Energética
- ABIOVE – Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais
- ABIQUIM – Associação Brasileira da Indústria Química
- ABRACAL – Associação Brasileira de Produtores de Calcário Agrícola
- ABRACAVE – Associação Brasileira de Florestas Renováveis
- ABRASCO – Associação Brasileira de Pós-Graduação em Saúde Coletiva
- AC – Acre
- ACSYS (*Arctic Climate System Study*) – Estudo do Sistema do Clima Ártico
- AIA – Avaliação de Impacto Ambiental
- AIACC (*Assessment of Impacts and Adaptation to Climate Change*) – Avaliação de Impactos e Adaptação à Mudança do Clima
- AIDS (*Acquired Immune Deficiency Syndrome*) – Síndrome da Imunodeficiência Adquirida
- AL – Alagoas
- Al – alumínio
- Al₂O₃ – alumina
- ALADI – Associação Latino-Americana de Integração
- ALALC – Associação Latino-Americana de Livre Comércio
- ALCA – Associação de Livre Comércio das Américas
- AM – Amazonas
- ANA – Agência Nacional de Águas
- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica
- ANFAVEA – Associação Nacional de Fabricantes de Veículos Automotores
- ANFPC – Associação Nacional dos Fabricantes de Papel e Celulose
- ANP – Agência Nacional do Petróleo
- AP – Amapá
- APA – Áreas de Proteção Ambiental
- APP – Áreas de Preservação Permanente
- ARGOS (*Advanced Research and Global Observation Satellite*) – Satélite de Pesquisa Avançada e Observação Global
- ARIE – Áreas de Relevante Interesse Ecológico
- ASAS – Alta Subtropical de Atlântico Sul
- ASTM (*American Society for Testing Materials*) – Sociedade Americana para Ensaio de Materiais
- ASV – associações solo-vegetação
- AVHRR (*Advanced High Resolution Radiometer*) – Radiômetro Avançado de Altíssima Resolução
- BA – Bahia
- bar – barril
- BCB – Banco Central do Brasil
- BEN – Balanço Energético Nacional
- bep – barril equivalente de petróleo
- BID – Banco Interamericano de Desenvolvimento
- BIG-GT (*Biomass Integrated Gasification - Gas Turbine*) – Gaseificação Integrada de Biomassa - Turbina a Gás
- BIG-STIG (*Biomass Integrated Gasification/Steam Injected Gas Turbine*) – Gaseificação Integrada de Biomassa - Turbina a Gás Injetada a Vapor.
- BIRD – Banco Internacional de Reconstrução e Desenvolvimento - Banco Mundial
- BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social.
- BR – Brasil
- BRAMS (*Brazilian Regional Atmospheric Modelling System*) – Sistema Brasileiro de Modelagem Atmosférica Regional
- C – carbono
- C₂F₆ – hexafluoretano
- Ca(OH)₂ – cal hidratada
- Ca(OH)₂·Mg(OH)₂ – cal hidratada de cálcio e magnésio
- CaCO₃ – carbonato de cálcio
- CaCO₃·MgCO₃ – carbonato de cálcio e magnésio
- CaO – óxido de cálcio ou cal virgem
- CaO·MgO – óxido de cálcio e magnésio
- CAP – circunferência à altura do peito
- CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
- CBCME – Comitê Brasileiro do Conselho Mundial de Energia
- CBTU – Companhia Brasileira de Trens Urbanos
- cc – centímetro cúbico
- CC (*climate change*) – mudança do clima
- CCC – Conta de Consumo de Combustíveis
- CCP (*Cities for Climate Protection Campaign*) – Campanha Cidades em Favor da Proteção do Clima
- CDE – Conta de Desenvolvimento Energético
- CDM (*Clean Development Mechanism*) – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
- CE – Ceará
- CEEE – Companhia Estadual de Energia Elétrica
- CELPE – Centrais Elétricas de Pernambuco
- CEMIG – Centrais Elétricas de Minas Gerais
- CEMPRE – Compromisso Empresarial para a Reciclagem
- CENAL – Comissão Nacional do Alcool
- CENBIO – Centro de Referência em Biomassa
- CEPEL – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
- CERPCH – Centro de Referência em Pequenas Centrais Hidrelétricas
- CESP – Companhia Energética de São Paulo
- CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo
- Cf – Conforme
- CF₄ – tetrafluormetano
- CFCs – clorofluorcarbonos
- CGDE – Companhia Geral de Distribuição Elétrica
- CGMG – Coordenação Geral de Mudanças Globais
- CH₄ – metano
- CHESF – Companhia Hidrelétrica do São Francisco
- CHO – Aldeídos
- CIDE – Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico
- CIDES – Comissão Interministerial de Desenvolvimento Sustentável
- CIEL – Companhia de Incineração e Energia Elétrica
- CIMA – Conselho Interministerial do Açúcar e do Alcool
- CIRM – Comissão Interministerial para os Recursos do Mar
- CLIVAR (*Research Program on Climate Variability and Predictability for 21st Century*) – Programa de Pesquisa sobre Variabilidade e Previsibilidade Climática para o Século 21
- cm² – centímetro quadrado
- CNAL – Conselho Nacional do Alcool
- CNP – Conselho Nacional do Petróleo
- CNPQ – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
- CO – monóxido de carbono
- CO₂ – dióxido de carbono
- CODEVASF – Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba
- COEA – Coordenação de Educação Ambiental do MEC
- COELBA – Companhia Elétrica da Bahia
- COELCE – Companhia Elétrica do Ceará
- COLA (*Center for Ocean-Land-Atmosphere Interactions*) – Centro para Estudos das Interações Oceano-Terra-Atmosfera
- COMGAS – Companhia de Gás de São Paulo
- CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente
- CONPET – Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural
- CONSEL – Comitê de Conservação e Uso Racional de Energia Elétrica das Empresas do Sistema Eletrobras
- CONSERVE – Programa de Uso Eficiente da Energia
- CONTRAN – Conselho Nacional de Trânsito
- COPEL – Companhia Elétrica do Paraná
- COPERSUCAR – Cooperativa dos Produtores de Cana, Açúcar e Alcool do Estado de São Paulo
- COPPE – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia - UFRJ
- CORINAIR – Inventário de emissões atmosféricas para a Europa

Símbolos, siglas e abreviaturas

CP (<i>Conference of the Parties</i>) – Conferência das Partes	FBMC – Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas	System) – Sistema Global Oceano-Terra-Atmosfera
CPDS – Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 21 Nacional	FCCC (<i>Framework Convention on Climate Change</i>) – Convenção-Quadro sobre Mudança do Clima	GOOS (<i>Global Ocean Observing System</i>) – Sistema de Observação Oceânica Global
CPFL – Companhia Paulista de Força e Luz	FEMA – Fundação Estadual do Meio Ambiente – MT	GW – gigawatt
CPTEC – Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos do INPE	FERRONORTE – Ferrovia Norte Brasil	GWh – gigawatt hora
CQNUMC – Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima	FETRANSPOR – Federação de Transportes de Passageiros Urbanos do Estado do Rio de Janeiro	h – hora
CRESESB – Centro de Referência em Energia Solar e Eólica	FIEP – Federação Interestadual de Escolas Particulares	ha – hectare
CTB – Código de Trânsito Brasileiro	FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos	hab – habitantes
CTC – Centro de Tecnologia Copersucar	FIOCRUZ – Fundação Oswaldo Cruz	HC – hidrocarboneto
CVM – Comissão de Valores Mobiliários	FISSET – Fundo de Investimentos Setoriais	HCFC-22 – hidroclorofluorcarbono
CVRD – Companhia Vale do Rio Doce	FLONAs – Florestas Nacionais	HFC-134a – hidrofluorcarbono
d – dia	FLORAM – Programa de Pesquisa em Florestação no Brasil	HFC-23 – hidrofluorcarbono
DAP – diâmetro à altura do peito	FNDCT – Fundo Nacional de Desenvolvimento de Ciência e Tecnologia	HFCs – hidrofluorcarbonos
DAS – densidade aparente do solo	FNMA – Fundo Nacional do Meio Ambiente	HIV (<i>Human Immunodeficiency Virus</i>) – Vírus da Imunodeficiência Humana
DBO ₅ – Demanda Biológica de Oxigênio	FUMIN – Fundo Multilateral de Investimentos	HS – Hemisfério Sul
DEPV – Departamento de Controle do Espaço Aéreo	FUNAI – Fundação Nacional do Índio	I/M – Inspeção e Manutenção de Veículos
DETRAN – Departamento Nacional de Trânsito	FUP – Frete de Uniformização de Preços	IAI – Instituto Interamericano para Pesquisas em Mudanças Globais
DF – Distrito Federal	FURNAS – Furnas Centrais Elétricas S.A.	IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis
DHN – Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha	g – grama	IBDF – Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal
DIREC – Diretoria de Ecossistemas do IBAMA	G-7 – Grupo dos Sete	IBGE – Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
DNAEE –	G77 – Grupos dos 77	IBSNAT (<i>International Benchmark Sites Network for Agrotechnology Transfer</i>) – Rede Internacional de Sites de Referência para a Transferência de Tecnologia.
DNDE – Departamento Nacional de Desenvolvimento Energético do MME	GAIM (<i>Global Analysis, Integration, and Modelling</i>) – Análise Global, Interpretação e Modelagem	ICLEI (<i>International Council for Local Environmental Initiatives</i>) – Conselho Internacional para as Iniciativas Ambientais Locais
ECR – estoque de carbono representativo	GATT (<i>General Agreement on Tariffs and Trade</i>) – Acordo Geral de Tarifas e Comércio	ICMS – Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
EFEI – Escola de Engenharia de Itajubá	GCE – Gestão da Crise de Energia Elétrica	ICSU – Conselho Internacional das Uniões Científicas
EGTD – Energia Garantida por Tempo Determinado	GCMs (<i>general circulation models</i>) – modelos de circulação geral	IEA (<i>International Energy Agency</i>) – Agência Internacional de Energia
EIA – Estudo de Impacto Ambiental	GCOS (<i>Global Climate Observing System</i>) – Sistema de Observação do Clima Global	IEA/USP – Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo
ELETOBRAS – Centrais Elétricas Brasileiras S.A.	GCTE (<i>Global Change and Terrestrial Ecosystems</i>) – Mudança Global e Ecossistemas Terrestres	IF (<i>impact factor</i>) – fator de impacto
ELETRONORTE – Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A.	GEF (<i>Global Environment Facility</i>) – Fundo Global para o Meio Ambiente	IGAC (<i>International Global Atmospheric Chemistry</i>) – Química Atmosférica Global Internacional
ELETROPAULO – Eletricidade de São Paulo S.A.	GEWEX (<i>Global Energy and Water Cycle Experiment</i>) – Experimento dos Ciclos Globais de Água e Energia	IISI (<i>International Iron and Steel Institute</i>) – Instituto Internacional de Ferro e Aço
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	GFDL (<i>Geophysical Fluid Dynamic Laboratory</i>) – Laboratório Geofísico de Dinâmica Fluida	INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
ENOS – El Niño Oscilação Sul	Gg – gigagrama (10 ⁹ g ou mil toneladas)	INMET – Instituto Nacional de Meteorologia
ENSO (<i>El Niño Southern Oscillation</i>) – El Niño Oscilação Sul	GISS (<i>Goddard Institute for Space Studies</i>) – Instituto Goddard de Estudos Espaciais	INPA – Instituto Nacional de Pesquisa na Amazônia
EPS – espuma de poliestireno expansível	GJ – gigajoule	INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
ES – Espírito Santo	GL – Gay-Lussac	INPE/CPTEC – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do INPE
ESCOs (<i>Energy Saving Companies</i>) – Empresas de Serviços de Conservação de Energia	GLOSS (<i>The Global Sea Level Observing System</i>) – Sistema de Observação Global do Nível do Mar	IOC (<i>Intergovernmental Oceanography Commission</i>) – Comissão Intergovernamental Oceanográfica
ESE/HB (<i>Environmental Strategy for Energy: Hydrogen Fuel Cells Buses for Brazil</i>) – Estratégia Ambiental para a Energia: Ônibus de Célula Combustível de Hidrogênio para o Brasil	GLP – gás liquefeito de petróleo	IOS – Índice de Oscilação Sul
ESEC – Estações Ecológicas	GNL – gás natural líquido	IPCC (<i>Intergovernmental Panel on</i>
ETA – h (letra grega)	GO – Goiás	
EUA – Estados Unidos da América	GOALS (<i>Global Ocean-Atmosphere-Land</i>	
FAB – Força Aérea Brasileira		
FAO (<i>Food and Agriculture Organisation</i>) – Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação		
FAPEX – Fundação de Apoio à Pesquisa e Extensão		
FBDS – Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável		

Símbolos, siglas e abreviaturas

<i>Climate Change</i>) – Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima	mm – milímetro	PFCs – perfluorcarbonos
IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada	MMA – Ministério do Meio Ambiente	Pg – petagrama (10^{15} g ou um bilhão de toneladas)
IPI – Imposto sobre Produtos Industrializados	MME – Ministério de Minas e Energia	PI – Piauí
ISO (International Organization for Standardization) – Organização Internacional de Normatização	MP – material particulado	PIB – Produto Interno Bruto
ITR – Imposto Territorial Rural	MPO – Ministério de Planejamento e Orçamento	PICE – Programa de Integração e Cooperação Econômica
IUC (<i>Information Units for Conventions</i>) – Unidades de Informação para Convenções	MRE – Ministério das Relações Exteriores	PIN – Programa de Integração Nacional
JICA (<i>Japan International Cooperation Agency</i>) – Agência de Cooperação Internacional do Japão	MS – matéria seca	PIRATA (<i>Pilot Research Moored Array in the Tropical Atlantic</i>) – Rede Piloto de Pesquisa no Atlântico Tropical
JSF (<i>Japan Special Fund</i>) – Fundo Especial do Japão	MS – Mato Grosso do Sul	PLC (<i>Population per Length of Coastline</i>) – Comprimento da Linha da Costa
KB – quilobite	MT – Mato Grosso	PM (<i>particulated material</i>) – material particulado
kcal – quilocaloria	Mtep – um milhão de toneladas equivalentes de petróleo	PMAGS – Programa de Mudanças Ambientais Globais em Saúde
kg – quilograma	MW – megawatt	PNA (<i>Pacific North America</i>) – América do Norte/Pacífico
kgf – quilograma-força	MWh – megawatt hora	PNAD – Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
km – quilômetro	N – Norte	PNCE – Programa Nacional de Centrais Elétricas
km ² – quilômetro quadrado	N ₂ O – óxido nitroso	PNEA – Política Nacional de Educação Ambiental
ktep – quilo-tonelada equivalente de petróleo	Na ₂ CO ₃ – carbonato neutro de sódio ou barrilha	PNSB – Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - IBGE
kW – quilowatt	Na ₃ AlF ₆ – creolina	PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
kWh – quilowatt-hora	NASA (<i>National Aeronautics & Space Administration</i>) – Administração Nacional Atmosférica e Oceânica dos EUA	PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
kWp – quilowatt - pico	NCEP (<i>National Center for Environmental Prediction - USA</i>) – Centro Nacional para a Previsão Ambiental - EUA	POAG – Plano de Otimização de Gás
l ou L – litro	nd – não disponível	POLAMAZÔNIA – Programas de Pólos Agropecuários e Agrominerais na Amazônia
LAPAG – Laboratório de Pesquisas Antárticas e Glaciológicas	NE – Nordeste	POLANTAR – Política Nacional para Assuntos Antárticos
LAU – Licenciamento Ambiental Único	NH ₃ – amônia	PPA – Plano Plurianual
LBA (<i>Large Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazonia</i>) – Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia	NMVOCS (<i>Non Methanic Volatile Organic Compounds</i>) – compostos orgânicos voláteis não metânicos	PPG7 – Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil
LFC – lâmpadas fluorescentes compactas	NO – Noroeste	ppm – partes por milhão
LGN – líquido de gás natural	NOAA (<i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i>) – Administração Nacional Atmosférica e Oceânica dos EUA	PPT – Plano Prioritário de Geração Termelétrica
LSF/USP - Laboratório de Sistemas Fotovoltáicos da Universidade de São Paulo	NO _x – óxidos de nitrogênio	PQZ – Projeto Queima Zero
M – milhão	OCDE – Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento da Europa	PR – Paraná
m ² – metro quadrado	OEMA – Órgãos Executivos Estaduais e Municipais de Meio Ambiente	PREVFOGO – Sistema Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais
m ³ – metro cúbico	OMC – Organização Mundial do Comércio	PROÁLCOOL – Programa Nacional do Alcool
MA – Maranhão	OMM – Organização Meteorológica Mundial	PROANTAR – Programa Antártico Brasileiro
MAA – média aritmética anual	ONGs – Organizações Não-Governamentais	PROARCO – Programa de Prevenção e Controle de Queimadas e Incêndios Florestais na Amazônia Legal
MB – monobóia	ONU – Organização das Nações Unidas	PROBIOAMAZON – Programa de Produção de Biomassa Energética em Assentamentos do Incra na Amazônia, Energia Limpa e Desenvolvimento Local Integrado
MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia	OVEG – Programa Nacional de Energia de Óleos Vegetais	PROBIODIESEL – Programa Brasileiro de Biocombustíveis
MDA – Ministério do Desenvolvimento Agrário	P & D – Pesquisa e Desenvolvimento	PROCEL – Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica
MDIC – Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior	P.E.A. – população economicamente ativa	PROCLIMA-SP – Programa Estadual de Mudanças Climáticas Globais de São Paulo
MDL – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo	PA – Pará	
MDL (<i>CDM - Clean Development Mechanism</i>) – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo	PAGES (<i>Past Global Changes</i>) – Mudanças Globais Passadas	
MEC – Ministério da Educação e do Desporto	PARNA's – Parques Nacionais	
MEG – mistura de metanol, etanol e gasolina	PB – Paraíba	
MERCOSUL – Mercado Comum do Cone Sul	PCD's – Plataformas de Coletas de Dados	
MG – Minas Gerais	PCH – pequena central hidrelétrica	
MGA – média geométrica anual	PCPV – Planos de Controle da Poluição por Veículos em Uso	
MIC – Ministério da Indústria e Comércio	PD/A – Projetos Demonstrativos Tipo A	
MINC – Ministério da Cultura	PD/I – Projetos Demonstrativos Indígenas	
MJ – Ministério da Justiça	PE – Pernambuco	
	PET – polietileno tereftalato	
	PETROBRAS – Petróleo Brasileiro S.A.	

Símbolos, siglas e abreviaturas

PROCONVE – Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores	Internacionais	UE – União Européia
PRODEAGRO – Programa de Desenvolvimento Agroambiental do Estado do Mato Grosso	SEMA – Secretaria Especial do Meio Ambiente	UFPR – Universidade Federal do Paraná
PRODEEM – Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios	SENAC – Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial	UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
PRODES – Projeto de Estimativa do Desflorestamento Bruto da Amazônia Brasileira	SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial	UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro
PROEÓLICA – Programa Emergencial de Energia Eólica	SF ₆ – hexafluoreto de enxofre	UKMO (<i>United Kingdom Meteorological Office</i>) – Escritório Meteorológico do Reino Unido
PROINFA – Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica	SIESE – Sistema de Informações Empresariais do Setor de Energia Elétrica	UNCED (<i>United Nations Conference on Environment and Development</i>) – Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento
PRONAR – Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar	SIG – Sistema de Informações Geográficas	UNESCO (<i>United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization</i>) – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
PRONEA – Programa Nacional de Educação Ambiental	SIGAME – Sistema Integrado de Gaseificação de Madeira para Geração de Eletricidade	UNFCCC (<i>United Nations Framework Convention on Climate Change</i>) – Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima
PROTERRA – Programa de Redistribuição de Terras e Estímulos à Agroindústria do Norte e Nordeste	SIMEGO – Sistema Meteorológico do Estado de Goiás	UNISOL – Fundação de Apoio Institucional Rio Solimões
PTS – partículas totais em suspensão	SIMEPAR – Sistema Meteorológico do Paraná	UPGN – Unidades de Processamento de Gás Natural
R.O.M. (<i>run-of-mine</i>) – carvão conforme extraído da mina	SIMERJ – Sistema de Meteorologia do Estado do Rio de Janeiro	US\$ – dólar norte-americano
RA – receita operacional anual	SIMGE – Sistema de Meteorologia e Recursos Hídricos de Minas Gerais	USP – Universidade de São Paulo
RADAM – Radar na Amazônia	SISNAMA – Sistema Nacional do Meio Ambiente	VALEC – Engenharia, Construções e Ferrovias S.A.
RCHO – formaldeído + acetaldeído	SMA – Secretaria do Meio Ambiente	VN - valor normativo
REBIO – Reservas Biológicas	SMMA – Secretaria Municipal do Meio Ambiente - São Paulo	VOC (<i>volatile organic compounds</i>) – compostos orgânicos voláteis
Reluz – Programa Nacional de Iluminação Pública Eficiente	SNIEC – Sindicato Nacional da Indústria de Extração de Carvão Mineral	W (<i>West</i>) – Oeste
RESEX – Reservas Extrativistas	SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação	WBP (<i>Brazilian Wood Biomass Program</i>) – Programa Brasileiro de Biomassa de Madeira
RGR – Reserva Global de Reversão	SO – Sudoeste	WCRP (<i>World Climate Research Program</i>) – Programa Mundial de Pesquisa do Clima
Rio 92 – Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento	SO ₂ – dióxido de enxofre	WSP (<i>World Petroleum Congress</i>) – Congresso Mundial de Petróleo
RJ – Rio de Janeiro	SO _x – óxidos de enxofre	WWF (<i>World Wildlife Fund</i>) – Fundo Mundial para a Natureza
RL – Reservas Legais	SOYGRO (<i>Soybean Crop Growth Simulation Model</i>) – Modelo de Simulação do Crescimento da Cultura de Soja	ZCAS – Zona de Convergência do Atlântico Sul
RMSP – Região Metropolitana de São Paulo	SP – São Paulo	ZCIT – Zona de Convergência Intertropical
RN – Rio Grande do Norte	SPARC (<i>Stratospheric Processes And their Role in Climate</i>) – Processos Estratosféricos e seu Papel no Clima	μ – micro
RO – Rondônia	SPE (<i>Society of Petroleum Engineers</i>) – Sociedade de Engenheiros do Petróleo	
RPPN – Reservas Particulares de Patrimônio Natural	ssp – espécies	
RPSAS (<i>Regional Physical-space Statistical Analysis System</i>) – Sistema Regional de Análise Estatística Físico-Espacial	st – metro cúbico estéreo	
RR – Roraima	START – Sistema de Mudança Global para Análise, Pesquisa e Treinamento	
RS – Rio Grande do Sul	SUDAM – Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia	
s – segundo	t – tonelada	
S – Sul	TCA – Tratado de Cooperação Amazônica	
SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo	TEC – Tarifa Externa Comum	
SAE – Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República	TECPAR – Instituto de Tecnologia do Paraná	
SBI (<i>Subsidiary Body for Implementation</i>) – Órgão Subsidiário de Implementação	tep – tonelada equivalente de petróleo	
SBSTA (<i>Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice</i>) – Órgão Subsidiário de Assessoramento Científico e Tecnológico da Convenção	Tg – teragrama (10 ¹² g ou um milhão de toneladas)	
SC – Santa Catarina	Tier – nível (de detalhe)	
SC – Sistemas Conectivos	TM/Landsat – Sensor de mapeamento temático do satélite Landsat	
SCAR (<i>Scientific Committee on Antarctic Research</i>) – Comitê Científico de Pesquisa Antártica	TO – Tocantins	
SCD – Satélite de Coleta de Dados	TOGA (<i>Tropical Ocean Global Atmosphere</i>) – Experimento Oceano Tropical e Atmosfera Global	
SE – Sergipe	TRENSURB – Empresa de Trens Urbanos de Porto Alegre S.A.	
SE – Sudeste	TWh – terawatt-hora	
SEAIN – Secretaria de Assuntos	UCS – Unidades de Conservação	

PARTE I - Circunstâncias Nacionais	29
1 - Prioridades de Desenvolvimento Nacional e Regional	35
1.1 - Caracterização do Território	35
1.2 - Economia	39
1.3 - Clima do Brasil	42
1.4 - Desenvolvimento Social	44
1.5 - Resumo das Circunstâncias Nacionais	50
2 - Mercosul	53
2.1 - Antecedentes, Objetivos e Características Principais	53
2.2 - Estrutura Institucional	53
2.3 - Indicadores Básicos do Mercosul	53
3 - Arranjos Institucionais Relevantes para a Elaboração do Inventário em Bases Permanentes	57
3.1 - Marco Institucional	57
4 - Circunstâncias Especiais	61
4.1 - Ilhas Marítimas	61
4.2 - Implicações Gerais de um Aumento do Nível do Mar nas Zonas Costeiras	62
4.3 - Desertificação	65
4.4 - Áreas de Alta Poluição Atmosférica Urbana	66
4.5 - Regiões de Ecossistemas Frágeis	68
4.6 - Dependência Externa de Petróleo e seus Derivados	68
Referências Bibliográficas	70
Bibliografia Adicional	71
Sites Consultados	75
PARTE II - Inventário Brasileiro das Emissões Antrópicas por Fontes e Remoções por Sumidouros de Gases de Efeito Estufa não Controlados pelo Protocolo de Montreal	77
1 - Introdução	81
1.1 - Gases de Efeito Estufa	81
1.2 - Setores Inventariados	81
2 - Sumário das Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa por Gás	85
2.1 - Emissões de Dióxido de Carbono	85
2.2 - Emissões de Metano	86
2.3 - Emissões de Óxido Nitroso	88
2.4 - Emissões de Hidrofluorcarbonos, Perfluorcarbonos e Hexafluoreto de Enxofre	90
2.5 - Gases de Efeito Estufa Indireto	91
3 - Emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa por setor	97
3.1 - Energia	97
3.2 - Processos Industriais	117
3.3 - Uso de Solventes e Outros Produtos	127
3.4 - Agropecuária	133
3.5 - Mudanças no Uso da Terra e Florestas	143
3.6 - Tratamento de Resíduos	157

Sumário

4 - Incerteza das estimativas	159
4.1 - Incerteza das Estimativas de Emissões e Remoções de CO ₂	159
4.2 - Incerteza das Estimativas de Emissões de CH ₄	159
4.3 - Incerteza das Estimativas de Emissões de N ₂ O	160
5 - Referências Bibliográficas	161
PARTE III - Descrição das Providências Previstas ou Tomadas para a Implementação da Convenção-Quadro das Nações Unidas Sobre Mudança do Clima no Brasil	163
1 - Programas e ações relacionados ao Desenvolvimento Sustentável	171
1.1 - Programa Nacional do Alcool	171
1.2 - Programas de Conservação de Energia	177
1.3 - Contribuição da Geração Hidrelétrica para a Redução das Emissões de Gases de Efeito Estufa	182
1.4 - Situação e Perspectivas das Novas Fontes Renováveis de Energia no Brasil	184
1.5 - Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios - PRODEEM	192
1.6 - Programa de Transporte Coletivo Movido a Hidrogênio	193
1.7 - Reciclagem	193
1.8 - Indústria a Carvão Vegetal	194
2 - Programas e Ações que Contêm Medidas que Contribuem para Mitigar a Mudança do Clima e seus Efeitos Adversos	199
2.1 - O Setor Elétrico Brasileiro	199
2.2 - Perspectivas do Gás Natural no Brasil e seu Papel na Redução das Emissões de Gases de Efeito Estufa	200
2.3 - Programas da Petrobras para Melhorar o Aproveitamento do Gás Natural na Bacia de Campos	203
2.4 - Programas no Estado de São Paulo para Redução das Emissões Veiculares no Transporte Urbano	203
2.5 - O Papel da Energia Nuclear na Redução das Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil	203
3 - Pesquisa e Observação Sistemática	207
3.1 - Programas Mundiais do Clima	207
3.2 - Programa Pirata	208
3.3 - Experimento de Grande Escala da Biosfera - Atmosfera na Amazônia (<i>Large Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazonia</i> - LBA)	208
3.4 - Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil - PPG7	209
3.5 - Modelos Regionais de Clima: Previsões de Prazo Estendido sobre a América do Sul utilizando o Modelo Regional ETA	210
3.6 - Pesquisa em Glaciologia no Âmbito do Programa Antártico	210
3.7 - Modelo Simplificado de Mudança do Clima	211
4 - Educação, Treinamento e Conscientização Pública	215
4.1 - Educação Ambiental	215
4.2 - Programas de Educação em Conservação de Energia Elétrica e Uso Racional de Derivados de Petróleo e Gás Natural	216
4.3 - Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas	217
4.4 - Aumentando a Conscientização no Brasil sobre as Questões Relativas à Mudança do Clima	217
5 - Efeitos da Mudança Global do Clima nos Ecossistemas Marinhos e Terrestres	223
5.1 - Região Semi-árida	223
5.2 - Zona Costeira	223
5.3 - Branqueamento de Corais	224
5.4 - Enchentes	225
5.5 - Geadas	226

5.6 - Saúde	226
5.7 - Setor Elétrico	227
5.8 - Agricultura	227
5.9 - Prontidão para Desastres	228
5.10 - Modelagem Regional de Mudança Global do Clima	228
6 - Formação de Capacidade Nacional e Regional	233
6.1 - Instituto Interamericano para Pesquisas em Mudanças Globais - IAI	233
6.2 - Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima - IPCC	233
6.3 - Centro de Previsão de Tempo e Estudos do Clima - CPTEC / INPE	234
7 - Integração das Questões sobre Mudança do Clima no Planejamento de Médio e de Longo Prazos	237
7.1 - Legislação Ambiental Brasileira	237
7.2 - Agenda 21 Brasileira	238
7.3 - Programa de Pesquisa Brasileiro sobre Mudança do Clima - MCT	239
7.4 - Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar - PRONAR	239
7.5 - Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE	240
7.6 - Medidas contra o Desflorestamento na Região Amazônica	243
7.7 - Projeto de Estimativa do Desflorestamento Bruto da Amazônia Brasileira - PRODES	250
7.8 - O Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC	252
7.9 - Prevenção de Incêndios e Queimadas	257
7.10 - Cidades pela Proteção do Clima	258
7.11 - Medidas de Caráter Financeiro e Tributário	259
Referências Bibliográficas	263
Bibliografia Adicional	265
Sites Consultados	273

Circunstâncias Nacionais

Comunicação Inicial do Brasil

Parte I



*"E quem sabe, então
O Rio será
Alguma cidade submersa
Os escafandristas virão
Explorar sua casa
Seu quarto, suas coisas
Sua alma desvãos"*



1 Prioridades de Desenvolvimento Nacional e Regional	35
1.1 Caracterização do Território	35
1.1.1 - Vegetação e Recursos Florísticos	37
1.1.2 - Fauna	39
1.1.3 - Recursos Hídricos	39
1.2 - Economia	39
1.3 - Clima do Brasil	42
1.3.1 - Climatologia de Precipitação e Temperatura	42
1.4 - Desenvolvimento Social	44
1.4.1 - Grau de desigualdade: o Brasil no mundo	44
1.4.2 - A evolução da pobreza e da desigualdade nas últimas décadas	44
1.4.3 - O número e a proporção de pobres no Brasil	45
1.4.4 - Fome e desnutrição infantil	45
1.4.5 - Programas para a pobreza: concepções dominantes e tendências recentes	45
1.4.6 - O desenvolvimento humano e mudanças no padrão demográfico	46
1.4.7 - Perfil de Educação	47
1.4.8 - Perfil da Saúde	47
1.4.9 - O acesso aos serviços de saneamento urbano	48
1.5 - Resumo das Circunstâncias Nacionais	50
2 - Mercosul	53
2.1 - Antecedentes, objetivos e características principais	53
2.2 - Estrutura Institucional	53
2.3 - Indicadores Básicos do Mercosul	53
3 - Arranjos Institucionais Relevantes para a Elaboração do Inventário em Bases Permanentes	57
3.1 - Marco Institucional	57
3.1.1 - A Comissão Interministerial de Desenvolvimento Sustentável	57
3.1.2 - A Coordenação-Geral de Mudanças Globais do Clima	57
3.1.3 - A Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima	58
4 - Circunstâncias Especiais	61
4.1 - Ilhas Marítimas	61
4.2 - Implicações Gerais de um Aumento do Nível do Mar nas Zonas Costeiras	62
4.2.1 - Manguezais	62
4.2.2 - Portos e Terminais	62
4.2.3 - Ocupação Humana do Litoral	64
4.3 - Desertificação	65



Sumário

Parte I

4.4 - Áreas de Alta Poluição Atmosférica Urbana	66
4.5 - Regiões de Ecossistemas Frágeis	68
4.6 - Dependência Externa de Petróleo e de seus Derivados	68
Referências Bibliográficas	70
Bibliografia Adicional	71
Sites Consultados	75

Prioridades de Desenvolvimento Nacional e Regional





1 PRIORIDADES DE DESENVOLVIMENTO NACIONAL E REGIONAL

1.1 Caracterização do Território

O Brasil está situado na América do Sul entre os paralelos de 5°16'20" de latitude norte e 33°45'03" de latitude sul e os meridianos de 34°47'30" e 73°59'32" a oeste de Greenwich, tendo como centro geodésico as coordenadas 10°35' de latitude sul e 52°40' a oeste de Greenwich. Banhado a leste pelo Oceano Atlântico, possui várias ilhas oceânicas, destacando-se as de Fernando de Noronha, Abrolhos e Trindade. Ao norte, a oeste e ao sul faz fronteiras com todos os países sul-americanos, excetuando-se o Chile e o Equador. O país é cortado pela Linha do Equador e Trópico de Capricórnio, com a maior parte de suas terras situadas nas latitudes mais baixas do globo, o que lhe confere características de país tropical.

Com uma área de 8.514.876,6 km², o Brasil é o país de maior extensão territorial da América do Sul e quinto maior do mundo. Suas dimensões territoriais o caracterizam como um país continental, uma vez que seu território ocupa 1,6% do globo terrestre, 5,7% das terras emersas do planeta e 20,8% da superfície do continente americano.

A República Federativa do Brasil é dividida em 26 estados, 5.507 municípios (de acordo com dados de 2000) e o Distrito Federal, onde se situa a capital da República, Brasília, sede do governo e dos poderes executivo, legislativo e judiciário. O país é regido pela Constituição Federal de 1988.

Possui um sistema presidencialista onde o Presidente da República é eleito pelo voto direto e secreto para um período de quatro anos. É permitida a reeleição para um único mandato subsequente de Presidente da República, governadores e prefeitos. Possui um sistema bicameral exercido pelo Congresso Nacional, com duas unidades representativas: Câmara dos Deputados, com 513 deputados federais, que representam a população; e Senado Federal, com 81 senadores da República, representantes das Unidades da Federação.

A vastidão do território brasileiro, tanto em latitude quanto em longitude, abriga um extraordinário mosaico de ecossistemas, contando com uma ampla diversidade climática e topográfica.

Essas características determinaram, ao longo da história, as diversas formas de ocupação e de uso pela sociedade dos espaços moldados pela natureza tropical e subtropical do país, conformando, em linhas gerais, cinco grandes regiões geográficas: Norte, Nordeste, Sudeste, Sul e Centro-Oeste. Cada qual com suas respectivas Unidades da Federação, citadas a seguir:

- Região Norte - ocupa 45% do território nacional. É composta pelos estados: Acre - AC, Amapá - AP, Amazonas - AM, Pará - PA, Rondônia - RO, Roraima - RR e Tocantins - TO.
- Região Nordeste - ocupa 18% do território nacional. É composta pelos estados: Alagoas - AL, Bahia - BA,

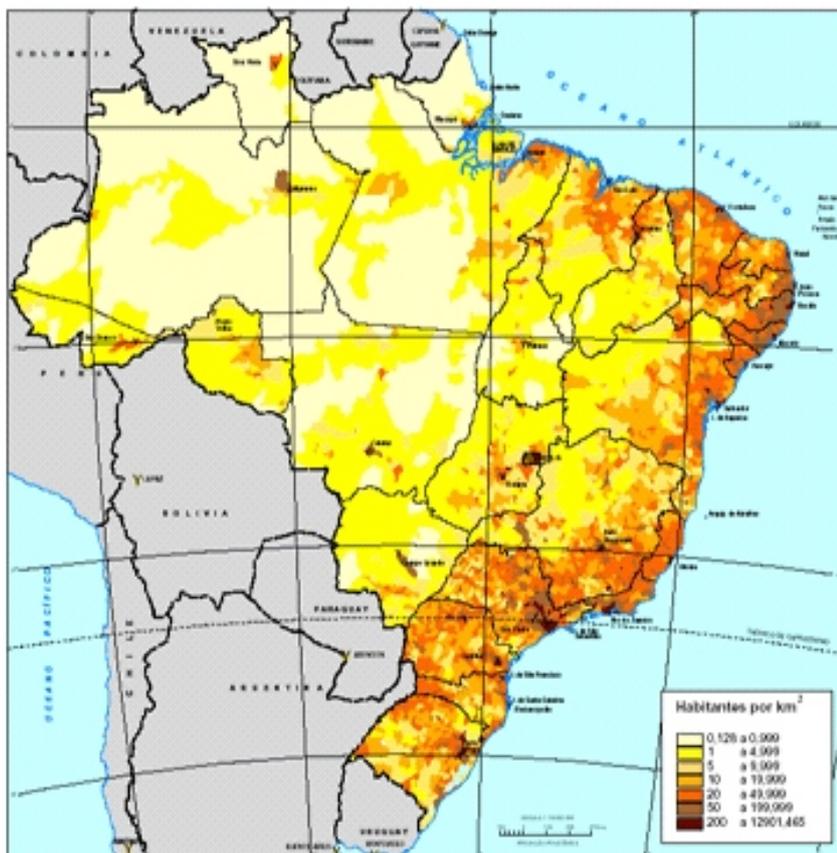
Ceará - CE, Maranhão - MA, Paraíba - PB, Pernambuco - PE, Piauí - PI, Rio Grande do Norte - RN e Sergipe - SE.

- Região Centro-Oeste - ocupa 19% de área territorial. É composta pelos estados: Goiás - GO, Mato Grosso - MT, Mato Grosso do Sul - MS e Distrito Federal - DF.
- Região Sudeste - ocupa 11% do território. É composta pelos estados: Espírito Santo - ES, Minas Gerais - MG, Rio de Janeiro - RJ e São Paulo - SP.
- Região Sul - ocupa 7% do território nacional. É composta pelos estados: Paraná - PR, Santa Catarina - SC e Rio Grande do Sul - RS.

O país teve um crescimento populacional médio de 1,64% ao ano, no período de 1990 a 2000. Os dados do Censo Demográfico 2000 mostram o Brasil com uma população de 169.799.170 habitantes, (83.576.015 homens e 86.223.155 mulheres). A região Sudeste é a região mais populosa do país, com 72.412.411 de habitantes, e a região Norte, a menos populosa, com 12.900.704 de habitantes.

A maior parte da população, 137.953.959 habitantes, vive em centros urbanos, e na zona rural vivem 31.845.211 habitantes. A taxa de urbanização de 55,9% em 1970 atingiu 81,2% em 2000. Na região mais urbanizada, o Sudeste, alcançou 90,5%. Embora a maior concentração populacional seja verificada em cidades com mais de um milhão de habitantes, o crescimento mais intenso ocorre nas cidades com população entre 250 mil e um milhão de habitantes.

Figura 1.1 - Densidade demográfica no Brasil



Fonte: IBGE, 2000a.

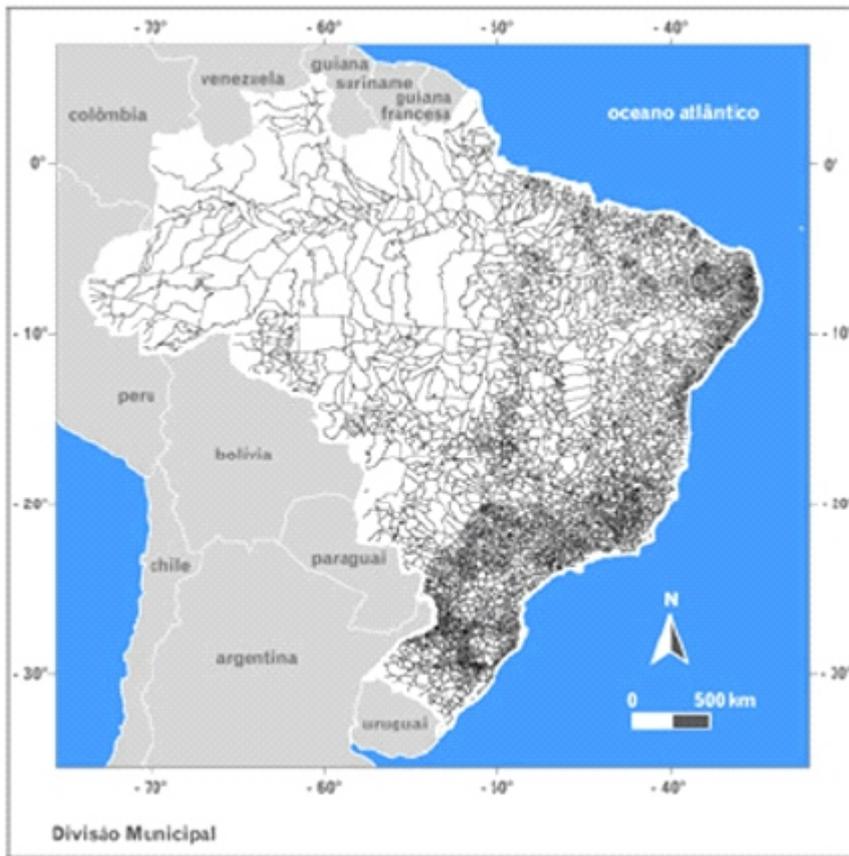
Figura 1.2 Divisão político-administrativa do Brasil



Fonte: IBGE, 2000a.



Figura 1.3 Distribuição dos Municípios Brasileiros



1.1.1 Vegetação e Recursos Florísticos

A vegetação do Brasil distribuída principalmente na Zona Neotropical, para fins geográficos, pode ser dividida em dois territórios: o amazônico e o extra-amazônico. No território amazônico (área equatorial ombrófila), o sistema ecológico vegetal se desenvolve em um clima de temperatura média em torno de 25°C, com chuvas bem distribuídas durante o ano, sem déficit hídrico mensal no balanço ombrotérmico anual. Na área intertropical, o sistema ecológico vegetal associa-se a dois climas: o tropical, de temperaturas médias em torno de 22°C e precipitação estacional marcada por um período com déficit hídrico de mais de 60 dias no balanço ombrotérmico anual; e o subtropical, de temperaturas suaves no inverno, que ameniza a média anual, em torno de 18°C, com chuvas moderadas bem distribuídas durante o ano, sem déficit hídrico mensal no balanço ombrotérmico anual, mas com uma estacionalidade térmica provocada pelos dias mais frios do ano.

Regiões fitoecológicas são espaços definidos por uma florística de gêneros típicos e de formas biológicas características que se repetem dentro de um mesmo clima, podendo ocorrer em terrenos de litologia variada, mas com relevo bem marcado. No Brasil, identificam-se:

- Região de Savana (Cerrado) - vegetação que ocorre predominantemente na região Centro-Oeste. Suas disjunções aparecem também na Amazônia, no Nordeste, Sudeste e Sul do país. Devido à intensa ação antrópica a que foi submetida, grande parte de sua vegetação nativa foi substituída por agricultura, pastagens e reflorestamento. Caracteriza-se por apresentar uma estrutura composta por árvores baixas e tortuosas, isoladas ou agrupadas sobre um contínuo tapete gramíneo.

- Região de Savana Estépica - tipo de vegetação neotropical, em geral de cobertura arbórea composta de elementos fanerófitos, caméfitos espinhosos e várias cactáceas, cobrindo um estrato gramíneo hemicriptófito, entremeadado por algumas terófitas, representado no Brasil em quatro áreas geograficamente distintas: na Caatinga do sertão árido nordestino, no Pantanal Mato-Grossense, nos Campos de Roraima e na Campanha Gaúcha.
- Região de Estepe - abrange a Campanha Gaúcha, com disjunções em Uruguai (RS) e no Brasil meridional (Campos Gerais). Caracteriza-se por uma vegetação essencialmente campestre. Dominam as gramíneas cespitosas e rizomatosas, sendo raras gramíneas anuais e oxalidáceas, bem como leguminosas e compostas. As fanerófitas são representadas por espécies espinhosas e decíduais.
- Região de Campinarana - tipo de vegetação restrita às áreas do alto rio Negro e adjacências dos seus afluentes, penetrando na Colômbia e na Venezuela, onde ocorre em áreas semelhantes. Reveste as áreas deprimidas, quase sempre encharcadas, sendo caracterizada por agrupamentos de uma vegetação arbórea fina e alta, que é resultante da pobreza de nutrientes minerais do solo.

- Região de Floresta Ombrófila Densa (Floresta Tropical Pluvial) - ocupa parte do espaço amazônico e estende-se pela costa atlântica, desde o Rio Grande do Norte até o Espírito Santo, em "bolsões" contidos entre o litoral e as serras pré-cambrianas marginais ao oceano, ampliando a sua área de ocorrência sobre as encostas das mesmas até o Rio Grande do Sul. É constituída por grandes árvores nos terraços aluviais e nos tabuleiros terciários, além de árvores de porte médio nas encostas marítimas.
- Região de Floresta Ombrófila Aberta (Faciações da Floresta Ombrófila Densa) - tipo de vegetação situado entre a Amazônia e o espaço extra-amazônico. A fisionomia florestal é composta de árvores mais espaçadas, com estrato arbustivo pouco denso.
- Região de Floresta Ombrófila Mista (Floresta de Araucária) - característica do Planalto Meridional Brasileiro, apresentando contudo áreas isoladas nas partes elevadas das Serras do Mar e da Mantiqueira.
- Região de Floresta Estacional Semidecidual (Floresta Tropical Subcaducifólia) - onde a percentagem das árvores caducifólias no conjunto florestal situa-se entre 20% e 50% na época desfavorável.
- Região de Floresta Estacional Decidual (Floresta Tropical Caducifólia) - que apresenta o estrato arbóreo predominantemente caducifólio, com mais de 50% dos indivíduos desprovidos de folhagem na época desfavorável. Ocorre no território brasileiro de modo disperso e descontínuo.

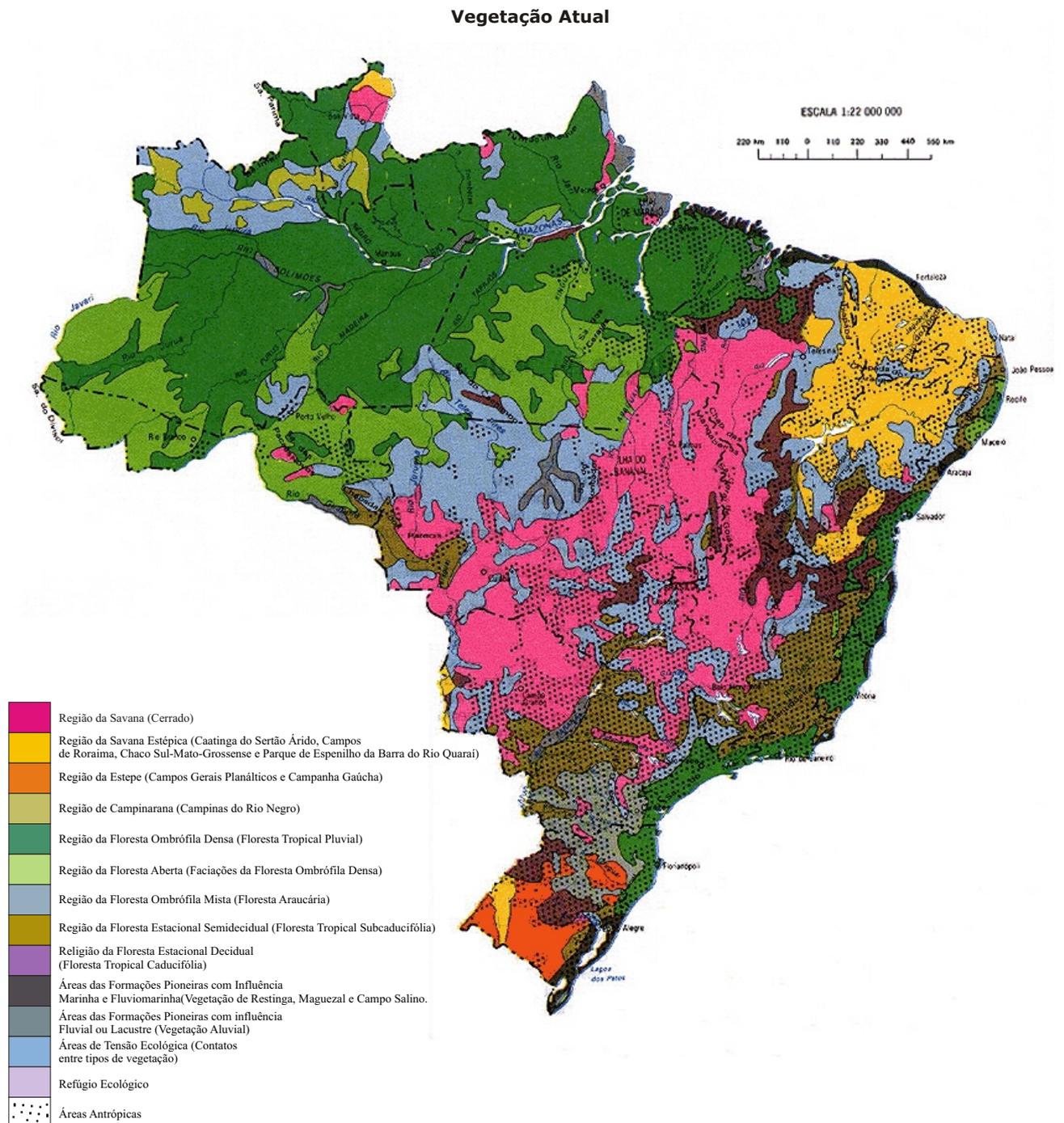
As áreas de vegetação não se confundem com as regiões fitoecológicas, pois têm sentido mais amplo, podendo abranger vários ambientes e integrar mais de um sistema trófico. São elas:

- Áreas das Formações Pioneiras com Influência Marinha e Fluviomarinha (vegetação de restinga, manguezal e campo salino) - as Áreas com Influência Marinha (restinga) constituem os cordões litorâneos e dunas que ocorrem ao longo de todo o litoral, formados pela constante deposição de areias por influência direta da ação do mar, onde são encontradas as fisionomias desde herbácea até a arbórea. As Áreas com Influência Fluviomarinha (manguezal e campo salino) constituem os ambientes salobros da desembocadura dos cursos de água no mar, onde se desenvolve uma vegetação que pode apresentar fisionomia arbórea ou herbácea.

- Área das Formações Pioneiras com Influência Fluvial ou Lacustre (Vegetação Aluvial) - são áreas de acumulação dos cursos de água, lagoas e assemelhados que constituem os terrenos aluviais sujeitos ou não a inundações periódicas. A vegetação que se instala nesses ambientes varia de acordo com a intensidade e duração da inundação, apresentando fisionomia arbustiva ou herbácea.

Estima-se que o Brasil possua mais de 55 mil espécies vegetais ou 22% do total do planeta.

Figura 1.4 Distribuição da vegetação brasileira



Fonte IBGE, Atlas Nacional do Brasil, 1992.



1.1.2 Fauna

A fauna brasileira é rica em espécies que comportam um número relativamente pequeno de indivíduos, sendo muitos deles endêmicos. Essas características indicam que se trata de uma fauna frágil. Dada a influência preponderante da vegetação sobre a fauna, esta se distribui pelas províncias zoogeográficas, conforme a fitofisionomia e a composição florística dominante nos respectivos territórios. Assim, distinguem-se, no Brasil, tipos de fauna adaptados às florestas densas, às formações florestais abertas, aos campos, aos manguezais, enfim às diferentes formas de cobertura vegetal que, por sua vez, correspondem às variadas condições de pluviosidade, temperatura, relevo e outros fatores mesológicos.

O Brasil é um dos países mais ricos do mundo em número de espécies, possuindo 524 espécies de mamíferos (dos quais 131 endêmicos), 517 espécies de anfíbios (294 endêmicos), 1.622 aves (191 endêmicas) e 468 répteis (172 endêmicos). No que se refere aos peixes de água doce, há mais de 3.000 espécies (além de 750 espécies marinhas). Quanto à fauna de invertebrados, estima-se que existam entre 10 e 15 milhões de espécies de insetos.

1.1.3 Recursos Hídricos

Para grande parcela da população mundial, um problema crescente é a escassez de água. No Brasil, os recursos hídricos disponíveis são abundantes, ainda que nem sempre bem distribuídos ou bem utilizados. Dotado de uma vasta e densa rede hidrográfica, muitos de seus rios destacam-se por sua extensão, largura ou profundidade. São oito as grandes bacias hidrográficas do território brasileiro: a do rio Amazonas, a do rio Tocantins, a do Atlântico Sul - trechos norte e nordeste, a do rio São Francisco, a do Atlântico Sul - trecho leste, a do rio Paraná, a do rio Uruguai e a do Atlântico Sul - trecho sudeste. Em decorrência da natureza do relevo, predominam os rios de planalto, que apresentam em seus leitos rupturas de declive, vales encaixados, entre outras características, que lhes conferem um alto potencial para a geração de energia elétrica. As mesmas características, contudo, prejudicam a navegabilidade. Entre os grandes rios nacionais, apenas o Amazonas e o Paraguai são predominantemente de planície e largamente utilizados para a navegação. Os principais rios de planalto são o São Francisco e o Paraná.

A utilização de energia hidrelétrica no Brasil teve início em

1883. A experiência acumulada na construção de centrais hidrelétricas e de sistemas de transmissão a elas associados, bem como na produção de equipamentos para geração e distribuição de energia, representa grande vantagem para o país.

Ao se analisar a capacidade geradora de energia em relação a bacias hidrográficas, fica evidente o contraste entre demanda, em função dos usos preponderantes industrial, residencial, comercial e público, e a real capacidade de oferta. Assim, observa-se que na Bacia do rio Amazonas, com potencial de 105.550,59 MW, apenas 0,5% está em operação/construção.

As Bacias do São Francisco, do Atlântico Sul - trecho leste, do Atlântico Sul - trecho sudeste, do Uruguai e do Paraná são, no presente, as responsáveis pelo fornecimento de energia hidrelétrica ao trecho de maior concentração demográfica e industrial do país. Entre elas, destaca-se a do Paraná, não só em função do seu potencial, como também devido ao maior percentual em operação/construção (64,5% de 57.322,52 MW).

A distribuição irregular das chuvas, aliada à possibilidade de grande intervalo de tempo entre elas, responde pelo caráter intermitente de muitos rios na região Nordeste do Brasil. Em virtude dessa especificidade climática, os açudes são utilizados para estocar e distribuir a água, tanto para consumo doméstico quanto para desenvolvimento da agricultura irrigada.

Em determinadas ocasiões, chuvas torrenciais que ultrapassam a capacidade dos cursos de água podem provocar inundações que atingem aglomerações populacionais urbanas e rurais.

1.2 Economia

Entre 1990 e 2000, o Produto Interno Bruto - PIB *per capita* cresceu cerca de 13%, atingindo US\$ 3.492,63, em 2000. Após a crise econômica no início dos anos 1990, houve cinco anos consecutivos de crescimento do PIB *per capita*, associada à estabilidade monetária propiciada pela implantação do Plano Real em 1994. As crises internacionais e as políticas macroeconômicas restritivas provocaram recessão no ano de 1998. As dificuldades de financiamento externo que se seguiram, foram enfrentadas com a desvalorização cambial de 1999.

Pode-se verificar, a partir das informações detalhadas na Tabela 1.2.1, que a participação percentual da formação bruta de capital fixo no PIB, a preços correntes, manteve-se em torno de 19,5% do PIB. Essa taxa é relativamente baixa para os padrões históricos e internacionais. Os acréscimos nos valores de exportações e importações verificados a partir de 1999 são explicados pela desvalorização cambial.

Tabela 1.2.1 - Produto interno bruto - PIB, produto nacional bruto e renda nacional disponível bruta 1996-2000

Especificação	Valor (1.000.000 R\$)				
	1996	1997	1998	1999	2000
Consumo final	630.814	704.200	741.038	783.277	868.061
Consumo das famílias	486.813	545.698	566.192	597.418	658.726
Consumo da administração pública	144.001	158.502	174.847	185.858	209.334
Formação bruta de capital	162.953	187.187	193.056	195.401	236.169
Formação bruta de capital fixo	150.050	172.939	179.982	184.087	211.225
Variação de estoque	12.903	14.248	13.074	11.314	24.944
Exportação de bens e serviços	54.430	65.356	67.862	100.148	117.422
Importação de bens e serviços (-)	69.311	86.000	87.769	114.957	134.951
Produto Interno Bruto	778.887	870.743	914.188	963.869	1.086.700
Menos: rendimentos líquidos enviados ao resto do mundo	12.228	17.436	21.241	34.115	34.427
Produto nacional bruto	766.659	853.307	892.947	929.754	1.052.273
Menos: transferências unilaterais, líquidas, ao resto do mundo	-2.580	-2.009	-1.661	-30.13	-2.799
Renda nacional disponível bruta	769.239	855.316	894.608	932.767	1.055.072

Fonte: IBGE, 2002.

A Tabela 1.2.2 desagrega o PIB segundo setores de atividade, mostrando a crescente importância dos serviços na economia brasileira. Em 2000, desconsiderando-se os serviços de intermediação financeira, 54,8% do PIB foi gerado nas atividades de serviços, 37,5% na indústria (inclusive construção, eletricidade e água) e 7,7% na agropecuária.

Tabela 1.2.2 - Produto interno bruto - PIB, por setor de atividade - 1991 - 2000

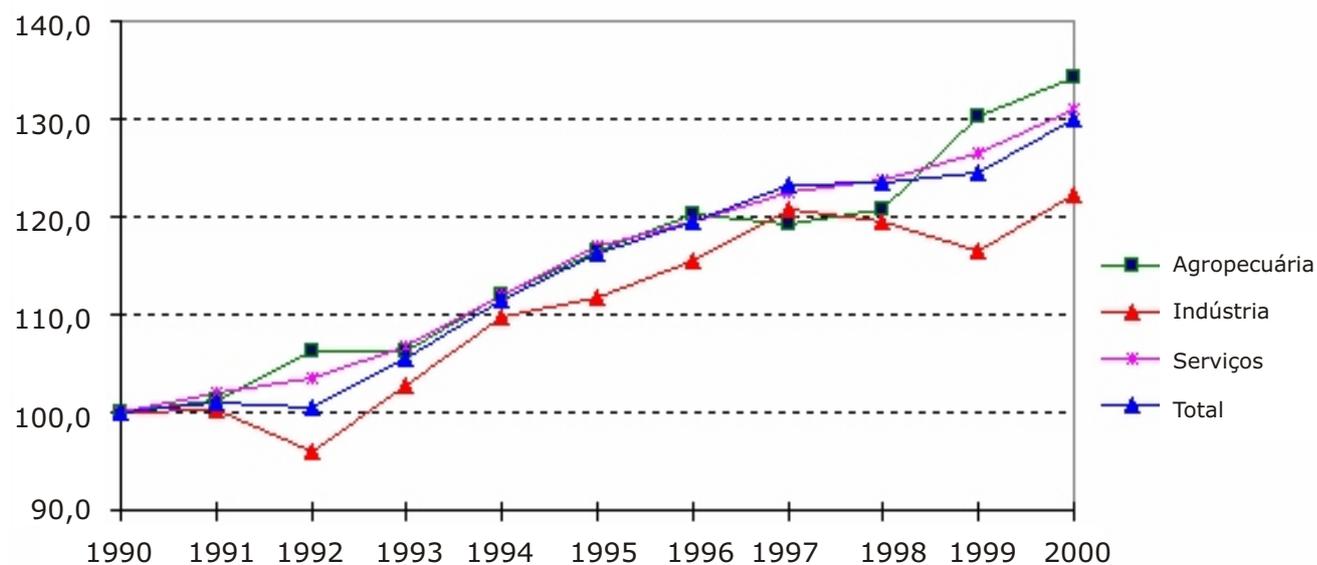
Especificação	Ano									
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Produto Interno Bruto	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Agropecuária	7,79	7,72	7,56	9,85	9,01	8,32	7,87	8,23	8,19	7,69
Indústria	36,16	38,70	41,61	40,00	36,67	34,70	34,84	34,62	35,60	37,52
Serviços ¹	56,05	53,58	50,83	50,15	54,32	56,98	57,29	57,15	56,21	54,79

Fonte: IBGE, 2002.

¹ Exclui serviços de intermediação financeira.

A Figura 1.5 apresenta os índices do produto real e aponta o melhor desempenho, nos últimos anos, dos setores agropecuário e de serviços, em contraposição ao setor industrial, que apresentou índices mais fracos.

Figura 1.5 - Índices do produto real (ano base 1990 = 100)



Fonte: IBGE, 2002.

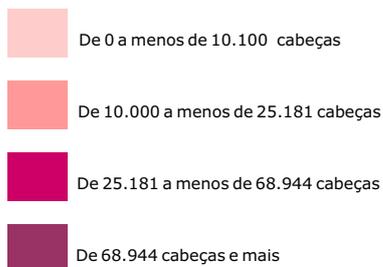
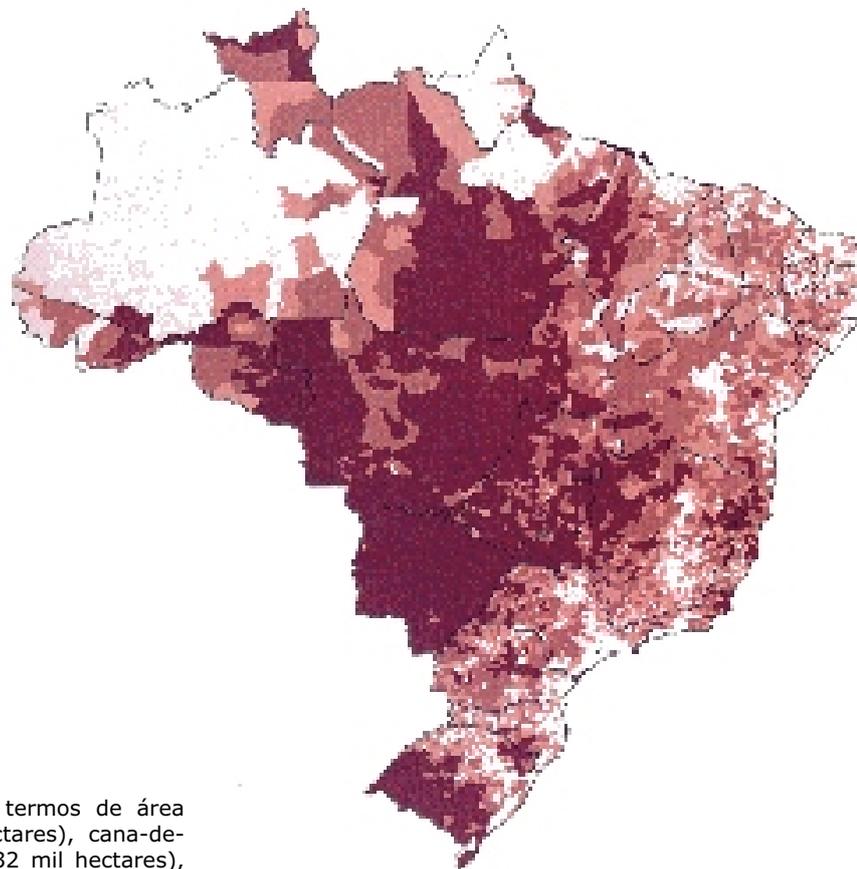


No setor agropecuário, destaca-se a evolução da produção animal, cabendo notar que em 2000 o principal rebanho era o bovino, com 169,87 milhões de cabeças; seguido pelo suíno, com 31,56 milhões de cabeças; ovino, 14,78 milhões; caprino, 9,35 milhões; e eqüino, com 5,83 milhões de cabeças. O total de galinhas, galos, frangos e pintos no mesmo ano atingiu 659,25 milhões.

Figura 1.6 - Distribuição do gado no território brasileiro

milhões de toneladas); o segundo maior produtor de soja (31 milhões de toneladas) e feijão (2 milhões de toneladas); e o sétimo maior produtor de arroz (12 milhões de toneladas).

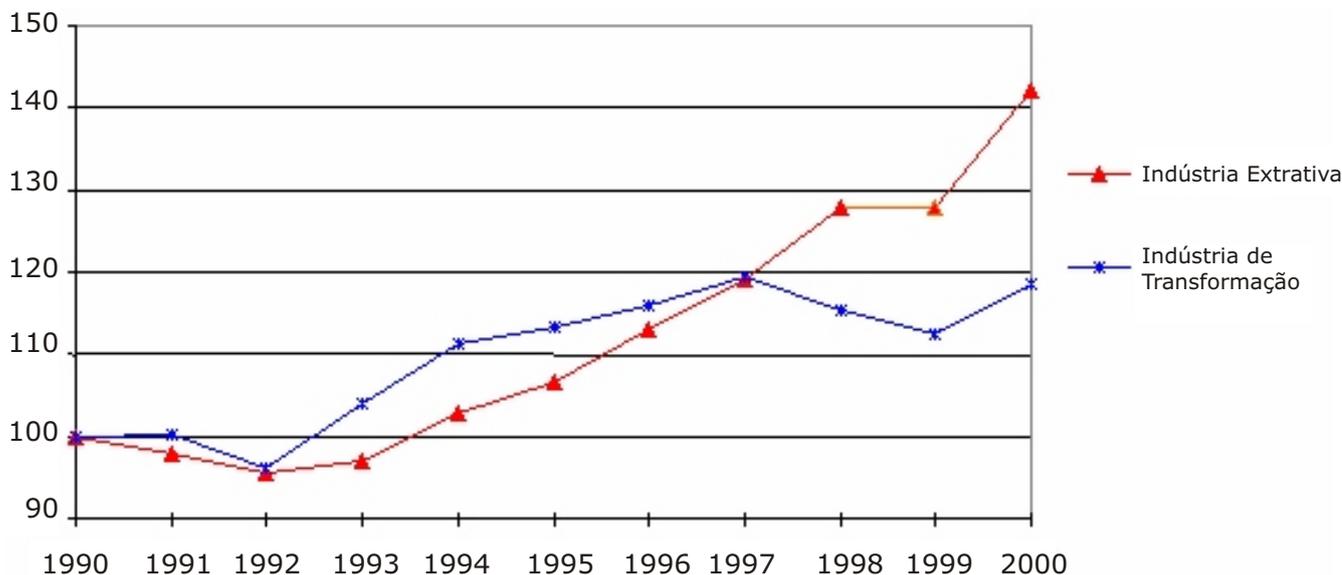
Quanto ao desempenho da indústria (Figura 1.7), a tendência ascendente é dada especialmente pela extração mineral, em que se destacam a exploração de petróleo e a extração de ferro, calcário, bauxita e manganês.



Fonte: IBGE, 1996a.

Na produção vegetal, destacam-se em termos de área colhida em 2000: soja (13.656 mil hectares), cana-de-açúcar (4.804 mil hectares), feijão (4.332 mil hectares), arroz (3.664 mil hectares), café (2.267 mil hectares), mandioca (1.708 mil hectares), trigo (1.138 mil hectares), laranja (856 mil hectares) e algodão herbáceo (801 mil hectares). Em 1999, em termos de produção vegetal, o Brasil foi o maior produtor mundial de açúcar (21 milhões de toneladas), café (2 milhões de toneladas) e laranja (23

Figura 1.7 - Índices do produto real - Indústria (ano base 1990 = 100)



Fonte: IBGE, 2002.



1.3 Clima do Brasil

A localização do território brasileiro na borda ocidental do Oceano Atlântico, aliado às variações verificadas em seu relevo, condiciona diferentes características aos macrossistemas atmosféricos, sejam eles continentais ou oceânicos, imprimindo uma diversidade de domínios climáticos que variam do equatorial ao subtropical, com gradações de tipos e subtipos produzidos pela variabilidade geocológica existente no país.

A América do Sul estende-se dos trópicos até latitudes médias e é afetado por regimes tropical, subtropical e de latitudes médias. Uma das principais características da região tropical da América do Sul é a floresta amazônica, a qual contribui para a umidade e para a precipitação da região e também para o balanço de energia do planeta. No verão do Hemisfério Sul, essa região apresenta forte convecção, principalmente na Amazônia Central; no inverno, a atividade convectiva desloca-se para noroeste, atingindo a América Central.

O clima da América do Sul apresenta variabilidade interanual, a qual pode ser observada pelas diferenças no escoamento do vento, nebulosidade, precipitação e comportamento de sistemas sinóticos. Um dos fatores de grande escala que são responsáveis pela variabilidade climática é a ocorrência do episódio *El Niño* Oscilação Sul - ENOS. A América do Sul é influenciada pelo ENOS diretamente e indiretamente pela variação na circulação atmosférica. Diretamente, pelo aumento da convecção na região do Pacífico Equatorial Leste, a qual afeta a área tropical oeste do continente. O deslocamento e intensidade da circulação de Walker, a configuração da teleconexão Pacific North America - PNA e o deslocamento para o norte da célula de Hadley são relacionados às condições secas no nordeste do Brasil. A intensificação do jato subtropical aumentando a convecção dos sistemas frontais e situações de bloqueio são relacionados com enchentes no sul e sudeste do Brasil. Outras anomalias de grande escala afetam a América do Sul, como trens de onda persistentes e configurações com número de onda três e quatro ao redor do Hemisfério Sul.

A atividade convectiva sobre a região central e oeste da América do Sul é associada a uma circulação anticiclônica em altos níveis, a qual, no verão (Hemisfério Sul), é chamada de Alta da Bolívia. Esta é associada com forte aquecimento na superfície, movimento ascendente e divergência em altos níveis. Convecção sobre essa região também associa-se em alguns períodos de verão e primavera com uma persistente banda de nebulosidade com orientação NO-SE, chamada Zona de Convergência do Atlântico Sul.

A parte nordeste do continente tem uma variabilidade interanual e anual alta, em termos de precipitação. Essa região é afetada pela Zona de Convergência Intertropical - ZCIT, vórtices ciclônicos em altos níveis, distúrbios de leste, linhas de instabilidade associadas à brisa marítima e à aproximação de sistemas frontais sobre o oceano. O sul e o sudeste são afetados por sistemas frontais, vórtices ciclônicos em altos níveis e complexos convectivos de mesoescala. Esses são afetados pelo jato subtropical e pelo jato em baixos níveis.

1.3.1 Climatologia de Precipitação e Temperatura

O Brasil, por ser um país de grande extensão territorial, possui diferenciados regimes de precipitação e de temperatura. De norte a sul, encontra-se uma grande variedade de climas com distintas características regionais. Na região Norte do país, verifica-se um clima equatorial chuvoso, praticamente sem estação seca. Na região

Nordeste, a estação chuvosa, com baixos índices pluviométricos, restringe-se a poucos meses, caracterizando um clima semi-árido. As regiões Sudeste e Centro-Oeste sofrem influência tanto de sistemas tropicais como de latitudes médias, com estação seca bem definida no inverno e estação chuvosa de verão com chuvas convectivas. O sul do Brasil, devido à sua localização latitudinal, sofre mais influência dos sistemas de latitudes médias, onde os sistemas frontais são os principais causadores de chuvas durante o ano.

Com relação às temperaturas, observa-se nas regiões Norte e Nordeste temperaturas elevadas, com pouca variabilidade durante o ano, caracterizando o clima quente nessas regiões. Nas médias latitudes, a variação da temperatura no decorrer do ano é muito importante para a definição do clima. No período de inverno, há maior penetração de massas de ar frio de altas latitudes, o que contribui para a predominância de baixas temperaturas.

Deve-se ressaltar que a tecnologia moderna permitiu uma certa superação dos condicionantes climáticos ao possibilitar a expansão de culturas temperadas em áreas de temperaturas mais elevadas e de baixa precipitação.

Região Norte

A região Norte possui uma homogeneidade espacial e sazonal da temperatura, o que não acontece em relação à pluviosidade. Essa é a região com maior total pluviométrico anual, sendo mais notável no litoral do Amapá, na foz do rio Amazonas e no setor ocidental da região, onde a precipitação excede 3000 mm. Nessa região são encontrados três centros de precipitação abundante. O primeiro é localizado no noroeste da Amazônia, com chuvas acima de 3000 mm/ano. A existência desse centro é associada à condensação do ar úmido trazido pelos ventos de leste da Zona de Convergência Intertropical - ZCIT, que são elevados quando o escoamento sobe os Andes (NOBRE, 1983). O segundo centro está localizado na parte central da Amazônia, em torno de 5° S, com precipitação de 2500 mm/ano, e o terceiro, na parte leste da base Amazônica, próximo a Belém, com precipitação de 2800 mm/ano.

Foram documentados (MARENGO, 1995) três regimes de chuvas na região norte da América do Sul: um no noroeste da América do Sul, onde a chuva é abundante durante todo o ano, alcançando o máximo em abril-maio-junho, com mais de 3000 mm/ano; um segundo em uma banda zonalmente orientada, estendendo-se até a parte central da Amazônia, onde a estação chuvosa ocorre em março-abril-maio; e o terceiro na parte sul da região Amazônica, onde o pico de chuvas ocorre em janeiro-fevereiro-março. A chuva no noroeste da Amazônia pode ser entendida como resposta à flutuação dinâmica do centro quasi-permanente de convecção nessa região (MARENGO e HASTENRATH, 1993).

A estação chuvosa da região Norte (dezembro-janeiro-fevereiro) muda progressivamente de janeiro-fevereiro-março, no sul da Amazônia, para abril-maio-junho, no noroeste da bacia Amazônica. Essa variação parece estar relacionada com a posição da ZCIT, pois os núcleos de precipitações migram da parte central do país, no verão austral, para o setor noroeste da América do Sul no inverno austral, acompanhando a migração anual da convecção profunda. Estações localizadas no Hemisfério Norte, como Oiapoque (3° N 60° W), exibem o máximo de chuvas durante o inverno austral (junho-julho-agosto) e mínimo durante o verão austral (dezembro-janeiro-fevereiro) (RAO e HADA, 1990).

Com relação à temperatura, durante o inverno do Hemisfério Sul, toda a zona meridional da região Norte, em especial o sudoeste (Acre, Rondônia e parte do Amazonas), é



freqüentemente invadida por anticiclones originários de altas latitudes, que atravessam a Cordilheira dos Andes ao sul do Chile. Alguns são excepcionalmente intensos, podendo chegar a provocar o fenômeno friagem (NIMER, 1979). Em virtude da alta umidade relativa e intensa nebulosidade que caracterizam a região, não são registradas temperaturas máximas diárias excessivas durante o ano.

Região Nordeste

Levando-se em conta o regime de chuvas, encontra-se sobre o Nordeste - NE uma alta variedade climática, podendo-se verificar desde o clima semi-árido no interior da região, com precipitação acumulada inferior a 500 mm/ano, até o clima chuvoso, observado principalmente na costa leste da região, com precipitação acumulada anual superior a 1500 mm (KOUSKY e CHU, 1978). A parte norte da região recebe entre 1000 e 1200 mm/ano (HASTENRATH e HELLER, 1977).

Assim como a região Norte, grande parte do Nordeste também possui uma elevada homogeneidade sazonal e espacial da temperatura. Somente no sul da Bahia é verificada uma maior variabilidade sazonal da temperatura, em função da penetração das massas relativamente frias nos meses de inverno.

Diferentes regimes de chuvas são identificados no Nordeste. No norte da região, a estação chuvosa principal é de março a maio, no sul e sudeste as chuvas ocorrem principalmente durante o período de dezembro a fevereiro e no leste a estação chuvosa é de maio a julho. A principal estação chuvosa do Nordeste, incluindo o norte e leste da região, que explica 60% da chuva anual é de abril a julho e a estação seca, para a maior parte da região, ocorre de setembro a dezembro (RAO *et al.*, 1993). As imagens de satélite sugerem a importância dos distúrbios de leste na precipitação do Nordeste (YAMAZAKY e RAO, 1977). Observa-se que esses distúrbios propagam-se sobre o Oceano Atlântico, em direção ao continente, durante o outono e inverno (CHAN, 1990).

As variações interanuais de chuvas no leste do Nordeste podem ser atribuídas às anomalias na posição e intensidade da ZCIT, causadas por anomalias positivas na temperatura da superfície do mar do Atlântico Sul (MOURA *et al.*, 1981 e NOBRE, 1994) e pela ocorrência do El Niño no Pacífico Equatorial.

Região Sul

A distribuição anual das chuvas sobre o sul do Brasil ocorre de forma bastante uniforme. Ao longo de quase todo seu território, a média anual da precipitação varia de 1250 a 2000 mm. Somente algumas áreas encontram-se fora desse limite pluviométrico. Acima de 2000 mm/ano, incluem-se o litoral do Paraná, o oeste de Santa Catarina e a área em torno de São Francisco de Paula, no Rio Grande do Sul. Valores abaixo de 1250 mm/ano restringem-se ao litoral sul de Santa Catarina e ao norte do Paraná (NIMER, 1979). Conclui-se que o relevo, por suas características gerais suaves, não exerce grande influência na distribuição pluviométrica. A temperatura, por sua vez, exerce um papel no mesmo sentido da precipitação, reforçando a uniformização climática no sul do país. No entanto, essa é a região do Brasil com maior variabilidade térmica no decorrer do ano.

Alguns fenômenos atmosféricos que atuam sobre essa região são essenciais na determinação da climatologia de temperatura e precipitação. Entre os mais importantes, podemos citar a passagem de sistemas frontais sobre a região, que são responsáveis por grande parte dos totais pluviométricos registrados (OLIVEIRA, 1986). A trajetória desses sistemas está intimamente ligada ao posicionamento e intensidade do jato subtropical da América do Sul. Alguns

estudos (KOUSKY *et al.*, 1984) ressaltaram a importância da corrente de jato na precipitação.

Os cavados invertidos situam-se, em média, sobre os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, estendendo-se até a Argentina e Paraguai e são mais freqüentes durante o verão e primavera do Hemisfério Sul (FERNANDES *et al.*, 1994), têm orientação do eixo na direção noroeste-sudeste (NO-SE), paralelamente à superfície frontal, sendo responsáveis pelo desenvolvimento de tempo severo sobre as regiões afetadas.

Sistemas convectivos de mesoescala também são responsáveis por grandes totais de precipitação sobre esta região, assim como no sul das regiões Sudeste e Centro-Oeste (CUSTÓDIO *et al.*, 1994).

Os vórtices ciclônicos de ar frio, que se formam na retaguarda de algumas frentes frias estão freqüentemente associados a significativos índices de precipitação (MATSUMOTO, *et al.*, 1982). Alguns estudos (SILVA DIAS *et al.*, 1994) buscaram estabelecer os indícios precursores dos estágios iniciais desse fenômeno.

A ocorrência de ciclogêneses e frontogêneses sobre o sul do Brasil também é um fator preponderante na determinação da climatologia da precipitação e temperatura dessa região. Estudos estatísticos (GAN e RAO, 1991) mostram que a maior freqüência de ciclogêneses ocorre sobre o Uruguai durante o inverno do Hemisfério Sul. Em média, ocorrem cerca de 60 ciclogêneses sobre a região Sul a cada ano.

Com relação à temperatura, a geada pode ser considerada como um dos principais fenômenos atmosféricos que atuam no sul do Brasil, pois está associada à ocorrência de temperatura do ar abaixo de 0°C, com formação de gelo nas superfícies expostas. Estudos identificaram algumas características da circulação atmosférica e dos processos dinâmicos associados à ocorrência de geadas no Sul do Brasil.

Regiões Sudeste e Centro-Oeste

As regiões Sudeste e Centro-Oeste, devido a suas localizações latitudinais, caracterizam-se por serem regiões de transição entre os climas quentes de latitudes baixas e os climas mesotérmicos de tipo temperado das latitudes médias (NIMER, 1979). O sul das regiões Sudeste e Centro-Oeste é afetado pela maioria dos sistemas sinóticos que atingem o sul do país, com algumas diferenças em termos de intensidade e sazonalidade do sistema. Os cavados invertidos atuam principalmente durante o inverno (FERNANDES e SATYAMURTY, 1994), provocando condições de tempo moderado especialmente sobre o Mato Grosso do Sul e São Paulo. Vórtices ciclônicos em altos níveis, oriundos da região do Pacífico, organizam-se com intensa convecção associada à instabilidade causada pelo jato subtropical. Linhas de instabilidade pré-frontais, geradas a partir da associação de fatores dinâmicos de grande escala e características de mesoescala, são responsáveis por intensa precipitação (CAVALCANTI *et al.*, 1982).

Especialmente sobre a região Centro-Oeste, a Alta da Bolívia, gerada a partir do forte aquecimento convectivo (liberação de calor latente) da atmosfera durante os meses de verão do Hemisfério Sul (VIRJI, 1981), é considerada como um sistema típico semi-estacionário da região. Uma situação estacionária da circulação de grande escala em latitudes médias pode influir diretamente na precipitação e temperatura sobre o Sudeste, caso a região esteja ou não sendo afetada por sistemas associados ao escoamento ondulatório da atmosfera. Esse tipo de situação é denominado de bloqueio e afeta, além do Sudeste, também a região Sul do Brasil.



As regiões Sudeste e Centro-Oeste são caracterizadas pela atuação de sistemas que associam características de sistemas tropicais com sistemas típicos de latitudes médias. Durante os meses de maior atividade convectiva, a Zona de Convergência do Atlântico Sul - ZCAS é um dos principais fenômenos que influenciam no regime de chuvas dessas regiões (QUADRO e ABREU, 1994). O fato de a banda de nebulosidade e chuvas permanecerem semi-estacionárias por dias seguidos favorece a ocorrência de inundações nas áreas afetadas.

Em geral, a precipitação distribui-se uniformemente nessas regiões, com a precipitação média anual acumulada variando em torno de 1500 e 2000 mm. Dois núcleos máximos são registrados na região do Brasil Central e no litoral da região Sudeste, enquanto que no norte de Minas Gerais verifica-se uma relativa escassez de chuvas ao longo do ano.

1.4 Desenvolvimento Social

Esta seção examina o estado do desenvolvimento humano no país, de acordo com o Relatório sobre o Desenvolvimento Humano no Brasil (UNDP/IPEA, 1996) e dados atualizados nacionais de saúde, educação e renda (IBGE, 2000). Reflete a evolução registrada a partir da década de 1980, quando é interrompida a trajetória de crescimento da economia brasileira e aumentam a desigualdade e a pobreza, acentuando a tendência histórica de concentração de renda e revertendo a trajetória, também histórica, de diminuição da pobreza. A pobreza vem ainda assumindo novas características, deixando de ser predominantemente rural e distribuindo-se igualmente por todo o território nacional, incluindo, principalmente, as áreas urbanas. Assim, embora o peso relativo da pobreza seja maior na zona rural (39%), o maior contingente de pobres encontra-se nas áreas urbanas (29,7 milhões contra 12,2 milhões no meio rural).

Da mesma forma, a pobreza diversificou-se e mostra-se socialmente mais heterogênea: cresce o número de pobres que, embora localizados abaixo da linha da pobreza, mostram algum grau de satisfação de suas necessidades básicas.

O padrão de crescimento econômico que prevaleceu no país desde os anos 1930 e a crise de seu esgotamento que marcou os últimos quinze anos da sociedade brasileira, deixaram como herança, por um lado, uma sociedade urbano-industrial moderna e complexa e, por outro, um dramático quadro social, marcado por profundas desigualdades.

O balanço desde a década de 1980 revela melhorias em determinados setores, tais como a redução da taxa de analfabetismo, o aumento do grau de escolaridade formal da população, a erradicação da poliomielite, a ampliação do número de domicílios dotados de infra-estrutura adequada de água e esgoto e a redução das taxas de mortalidade infantil.

As mudanças que vêm ocorrendo nos planos científico-tecnológico, financeiro, organizacional e industrial exigem e, ao mesmo tempo, permitem uma redefinição profunda do modelo de desenvolvimento do país, no sentido de buscar uma estrutura produtiva mais competitiva, mais aberta e mais integrada ao resto do mundo.

1.4.1 Grau de desigualdade: o Brasil no mundo

O Brasil apresentava, no início da década de 1990, um dos maiores graus de desigualdade no mundo, em relação a outros 55 países, adotando como medida de desigualdade a razão, em cada país, entre a média dos 10% mais ricos e a dos 40% mais pobres.

Para a maioria dos países (36 entre os 55 considerados), a renda de um indivíduo entre os 10% mais ricos é, em média, até dez vezes maior que a de uma pessoa que se encontra entre os 40% mais pobres. No caso brasileiro, esse parâmetro é de uma ordem de magnitude completamente distinta: a renda média dos 10% mais ricos é quase trinta vezes maior que a renda média dos 40% mais pobres.

Para se identificar em que faixa da estrutura de distribuição de renda está localizada essa desigualdade, dividiu-se a população em seis estratos. O primeiro é constituído pelos 20% mais pobres, o segundo pelos 20% seguintes, e assim por diante, correspondendo os dois últimos estratos aos dois decis de maior nível de renda. Esses estratos foram denominados, respectivamente, os "extremamente pobres", os "pobres", a "classe média baixa", a "classe média", a "classe média alta" e os "ricos".

Tais resultados indicam que a desigualdade no Brasil concentra-se nos estratos superiores da distribuição.

1.4.2 A evolução da pobreza e da desigualdade nas últimas décadas

Os dados apresentados na Tabela 1.4.1 refletem a trajetória da economia brasileira ao longo das décadas anteriores. O crescimento da economia brasileira beneficiou todos os estratos da população, elevando a renda média de todos os décimos da distribuição, o que significa que a pobreza diminuiu.

Mas o crescimento da economia não beneficiou igualmente todos os grupos, implicando um aumento no grau de desigualdade. Os grupos situados na parte inferior da distribuição (até o quinto décimo) beneficiaram-se menos; do terceiro décimo em diante, a taxa de crescimento da renda aumenta monotonicamente, levando a uma grande concentração dos ganhos entre os 30% mais ricos. Assim, a fração da renda apropriada pelos 20% mais ricos aumentou 11 pontos percentuais entre 1960 e 1990, enquanto a fração de renda apropriada pelos 50% mais pobres declinou seis pontos.

O declínio da renda *per capita* observado na década de 1980 está associado a taxas negativas de crescimento para todos os décimos da distribuição, levando a um aumento da pobreza. Além disso, as perdas de renda foram distribuídas de modo muito desigual, concentrando-se fortemente nos estratos inferiores. Constata-se, assim, um nítido aumento no grau de desigualdade de renda entre 1980 e 1990, com a fração de renda apropriada pelos 20% mais ricos aumentando mais de dois pontos percentuais, enquanto a fração relativa aos 50% mais pobres declinou dois pontos. A simultaneidade do decréscimo do nível de renda média e do aumento do grau de desigualdade constitui uma indicação de que a pobreza aumentou durante a década de 1980.

Cabe destacar que a evolução da distribuição de renda apresenta duas características comuns. Primeiramente, desde 1960, a desigualdade aumentou continuamente. Além disso, a evolução do nível de pobreza acompanhou a trajetória da economia, mostrando evolução favorável quando aumentava o crescimento e piorando quando esse declinava. A combinação dessas duas características indica que, embora o aumento da desigualdade tenha reduzido os efeitos positivos do crescimento, nunca foi suficiente para anulá-los completamente.

Enquanto na década de 1960 a renda apropriada pelos 10% mais ricos da população era 34 vezes superior à renda apropriada pelos 10% mais pobres, em 1990 essa proporção eleva-se para 78 vezes, ao mesmo tempo em que a renda *per capita* é inferior àquela registrada em 1980. A isso soma-se o fato de que, diversamente da década de 1960, quando o



setor mais penalizado pela crise econômica foi a classe média, nos anos 1980, o setor mais atingido foi aquele localizado na cauda inferior da distribuição. Como resultado, o perfil da distribuição de renda no Brasil tem o seguinte formato básico: enquanto os 10% mais ricos apropriam-se de quase metade da renda total (48,1%) e os 1% mais ricos de 13,9% do total de rendimentos, aos 10% mais pobres cabem apenas 0,8% do total de rendimentos e aos 50% mais pobres, 12,1%.

Tabela 1.4.1 - Participação percentual dos extratos de renda (%)

Extratos de Renda	1960	1970	1980	1990
20% inferiores	3,5	3,2	3,2	2,3
20% seguintes	8,1	6,8	6,6	4,9
20% seguintes	13,8	10,8	9,9	9,1
20% seguintes	20,2	17,0	17,1	17,6
20% superiores	54,4	62,2	63,2	66,1
10% superiores	39,7	47,8	47,8	49,7
5% superiores	27,7	34,9	34,9	35,8
1% superior	12,1	18,2	18,2	14,6

Fonte: Censos Demográficos IBGE, 1960, 1970, 1980 e 1991.

Notas: 1. Dados da PNAD (IBGE, 1990) não são diretamente comparáveis com os Censos Demográficos IBGE, 1960, 1970 e 1980.

2. Os dados de 2000 dependem da divulgação dos microdados da amostra do Censo Demográfico 2000 (IBGE, 2000b), que ainda não tinham sido disponibilizados quando do fechamento do trabalho.

1.4.3 O número e a proporção de pobres no Brasil

A análise anterior focalizou o nível de pobreza em termos relativos, abstendo-se de precisar a magnitude da pobreza no país como um todo. A determinação da dimensão da pobreza é, no entanto, relevante, inclusive por suas implicações do ponto de vista das políticas públicas.

Já são conhecidos os outros atributos que determinam uma situação de pobreza. Entre eles, destacam-se: baixo nível educacional, características do chefe de família, tamanho e estrutura da família e local de residência.

A definição de pobreza, enquanto insuficiência de renda, depende de que se estabeleça a chamada linha de pobreza parâmetro de valor equivalente ao custo de atendimento de todas as necessidades básicas de um indivíduo em determinado lugar e tempo. Esse valor é superior ao que pode ser associado a uma linha de indigência, que levaria em consideração apenas o custo de atendimento das necessidades alimentares.

A metodologia utilizada estimou as linhas de pobreza segundo estratos de residência, a partir de cestas de consumo observadas em famílias de baixa renda nas diversas regiões e dos preços ao consumidor praticados em 1990. A utilização de valores específicos para cada estrato de residência tem como objetivo levar em conta o custo de vida dos pobres. Assim, são classificados como pobres aqueles cuja renda familiar *per capita* é inferior à linha de pobreza. A proporção de pobres, o mais comum indicador de pobreza enquanto insuficiência de renda, relaciona o número de pobres (indivíduos cuja renda familiar *per capita* se situa abaixo da linha de pobreza) e a população total.

Com base nessa metodologia, estimou-se em 42 milhões o número de pobres no Brasil em 1990, correspondente a 30% da população brasileira. O número de indigentes, ou seja, o número de pobres cuja renda é insuficiente para atender até mesmo suas necessidades alimentares, é substancialmente menor, representando 12% da população brasileira, o que significa 16,6 milhões de pessoas.

Quando se comparam os indicadores de 1990 com os do início da década anterior, verifica-se que a magnitude da pobreza e da indigência não aumentou no decorrer desse período; o que ocorreu foi um aumento da taxa de desigualdade na sociedade como um todo, agravada pela recessão econômica e pelo acelerado processo de urbanização. Fortes descontinuidades na condução da política econômica - quatro choques heterodoxos entre 1986 e 1990, redução dos níveis de investimento e bruscas oscilações nas taxas de inflação - fizeram com que, ao longo da década, o PIB real evoluísse a uma taxa anual de apenas 1,5% e o PIB *per capita* declinasse de US\$ 3.000 para US\$ 2.856, (apesar da queda da taxa de crescimento populacional de 1,9%), contribuindo decisivamente para o agravamento das desigualdades de renda (os 10% mais ricos passam a se apropriar de quase metade do total de rendimentos).

1.4.4 Fome e desnutrição infantil

Com vistas à formulação de um programa de segurança alimentar, foi elaborado pelo IPEA, em 1993, um estudo que desenha o mapa da fome no Brasil. Embora exista controvérsia quanto à magnitude do problema, o documento indica que 31.679.096 brasileiros (ou 9 milhões de famílias) defrontam-se com o problema da fome. A distribuição do problema obedece ao padrão regional: 17,2 milhões dos atingidos localizam-se no Nordeste e 7,9 milhões na região Sudeste. No Nordeste rural, concentram-se 63% dos indigentes que vivem nessas condições, ao passo que outros 30% vivem nas áreas metropolitanas e urbanas. Assim, a região Sudeste, onde se localizam as maiores metrópoles do país, apresenta a segunda maior concentração de indigentes, apesar de o fenômeno da fome urbana disseminar-se por todo o território nacional.

Outro estudo, sobre o retardo do crescimento na infância, indica, a partir de dados de 1989, que 15,9% das crianças menores de cinco anos de idade apresentavam baixa estatura com relação ao padrão normal (que ocorre na presença de um adequado estado nutricional e na ausência de enfermidades freqüentes).

Uma das evidências contidas no mapa da fome é a constatação de que o problema alimentar no Brasil não reside na disponibilidade e na produção interna de grãos e dos produtos tradicionalmente consumidos no país, mas antes no descompasso entre o poder aquisitivo de ampla parcela da população e o custo de aquisição de uma quantidade de alimentos compatível com as necessidades do trabalhador e de sua família.

1.4.5 Programas para a pobreza: concepções dominantes e tendências recentes

Desde o final da década de 1980, novas concepções passaram a integrar a agenda pública e novas ênfases de formulação podem ser detectadas:

- Reforço da seletividade e focalização - priorizar, na agenda, nos recursos e nas ações sociais, os programas para os setores pobres, focalizando o gasto e as ações nas necessidades básicas dos grupos mais vulneráveis, etária e espacialmente localizados.



- Combinação de programas universais e seletivos - diferentemente da oposição universalismo *versus* seletividade, parece ter se ampliado o entendimento de que, no Brasil, as redes públicas de educação básica e de saúde são cruciais e estratégicas, tanto por seus serviços próprios quanto por poderem sediar programas de massa. Desse modo, os programas focalizados viriam complementar os universais, apoiando-se mutuamente.
- Programas de renda mínima - as transferências monetárias para garantir patamares mínimos de renda individual ou familiar passaram a integrar a lista de programas para a pobreza, principalmente por meio de fórmulas que acoplam objetivos de renda mínima a objetivos de melhoria de desempenho escolar e de saúde de filhos menores.
- Parceria público/privado - maior aceitação da participação das organizações não-governamentais na oferta de serviços sociais, entendendo-se que, sozinho, o Estado é incapaz de responder ao grande desafio da pobreza; ademais, ampliação das iniciativas dos setores organizados da sociedade para a prestação de serviços sociais.
- Ampliação de programas do tipo produtivo - no desenho de novos programas, registra-se também a preocupação crescente com aqueles que possam contribuir para o reforço da capacidade e a produtividade dos segmentos pobres na geração de renda, tais como programas de capacitação, de apoio à micro e pequena empresa, de abertura de frentes de trabalho.

É, sem dúvida, no plano institucional que podem ser verificadas algumas das mais fortes tendências inovadoras, entre as de descentralização e de integração dos programas de combate à pobreza.

1.4.6 O desenvolvimento humano e mudanças no padrão demográfico

Uma das mais importantes transformações estruturais da sociedade brasileira nas últimas décadas foi a mudança de seu padrão demográfico. Essa mudança vem ocorrendo, de maneira acelerada, desde o final da década de 1960.

Apesar das imensas desigualdades regionais e sociais, a mortalidade da população brasileira experimentou declínio rápido e sustentado a partir do início da década de 1940, acarretando aumento da esperança de vida ao nascer da população, que passou de 41 para 54 anos entre as décadas de 1930 e 1960. Entretanto, o nível de fecundidade manteve-se alto até meados da década de 1960, declinando somente nas regiões Sul e Sudeste (mesmo assim, de maneira discreta) e mantendo-se constante ou até aumentando nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste. Assim, a taxa de fecundidade total caiu apenas de 6,5 para 5,3 durante esse período. O resultado dessa evolução foi um sensível aumento da taxa média de crescimento da população, que passou de 2,4% na década de 1940 para 3,0% na década de 1950 e 2,9% na década de 1960.

Como a população brasileira manteve-se basicamente fechada, isto é, sem entrada e saída de migrantes, e com níveis de fecundidade altos e bastante estáveis, sua distribuição etária permaneceu aproximadamente constante e jovem entre 1940 e 1970, apesar do rápido declínio da mortalidade e da aceleração de seu ritmo de crescimento. Dessa forma, durante todo aquele período, cerca de 52% da população tinha menos de vinte anos.

No final da década de 1960, tem início no país um processo rápido e generalizado de declínio da fecundidade. Anteriormente limitado aos grupos sociais urbanos mais privilegiados das regiões mais desenvolvidas, tal processo logo estendeu-se a todas as classes sociais e às mais diversas regiões. Assim, a taxa de fecundidade total caiu de 5,8 em 1970, para 4,3 em 1975, e 3,6 em 1984, o que corresponde a um declínio superior a 37% em um período de apenas 15 anos, ritmo bastante rápido quando comparado a qualquer experiência internacional.

Os dados preliminares do Censo de 1991 confirmam a tendência de rápido declínio da fecundidade no Brasil. Aquém de todas as expectativas, a população brasileira atingiu em 1991 apenas 147 milhões, tendo a taxa média anual de crescimento entre 1980 e 1991 caído para 1,9%, contra os 2,4% observados na década de 1970.

Os dados de 2000 demonstram que a esperança de vida ao nascer da população experimentou um ganho de 2,6 anos, ao passar de 66 anos, em 1991, para 68,6 anos em 2000. Esse aumento aconteceu em todas as idades, sendo que os mais significativos aumentos ocorreram na população feminina.

De fato, pode-se afirmar que o declínio da fecundidade no Brasil não é um fenômeno conjuntural, mas um processo irreversível, dentro daquilo que, em demografia, convencionou-se chamar de transição demográfica. Informações sobre o uso de anticoncepcionais no Brasil fortalecem tal assertiva.

Conforme dados censitários de 1980, 1991 e 2000, a mudança no padrão do crescimento demográfico produziu, já a curto prazo, algumas conseqüências significativas: a taxa média anual de crescimento da população, que na década de 1960 era de 2,9%, caiu para 2,5%, 1,9% e 1,6% nas três décadas seguintes, e a proporção da população abaixo de dez anos de idade diminuiu significativamente. Mais do que isso, a população brasileira entrou em um processo de declínio contínuo de taxa de crescimento e de desestabilização da distribuição etária.

Um aspecto fundamental evidenciado por esses dados é o expressivo "envelhecimento" da população, ou seja, o peso progressivamente menor de jovens, em decorrência do declínio da fecundidade ocorrido entre 1970 e 1991. No perfil etário da população, a partir da década de 1970, evidencia-se uma tendência de envelhecimento (5,85% da população, ou quase 15 milhões de brasileiros, tem 65 ou mais anos de idade); por outro lado, os mesmos dados revelam que 29,6% dos brasileiros têm até 14 anos de idade, o que significa um contingente de aproximadamente 50 milhões de pessoas. O Censo 2000 indica que para cada 100 crianças o Brasil possui 30 idosos. As mulheres idosas são maioria; os idosos têm, em média, 69 anos de idade e 3,4 anos de estudo e 8,9 milhões (62,4%) dos idosos são responsáveis pelos domicílios; a grande maioria vive em grandes cidades. Assim, o idoso ocupa, cada vez mais, um papel de destaque na sociedade brasileira.

As famílias no Brasil são compostas por um número médio de 3,4 pessoas, que são em sua maioria (74%) chefiadas por homens. No entanto, houve um aumento considerável de famílias chefiadas por mulheres (25% dos domicílios), caracterizando um novo perfil das famílias brasileiras, o aumento da autonomia feminina e sua incorporação no mercado de trabalho.

Projeções sugerem que, por volta do ano 2040, a população brasileira será quase inteiramente formada por gerações nascidas após o início do processo de rápido declínio da fecundidade. Nessa época, a fecundidade provavelmente estará próxima do nível de reposição - taxa de fecundidade



total em torno de 2,1 - e a taxa de crescimento da população tenderá rapidamente a zero, com uma distribuição etária relativamente velha. Essa é a situação atualmente observada na maioria dos países desenvolvidos.

1.4.7 Perfil de educação

Os indicadores de educação no Brasil apresentaram melhoria significativa nas últimas décadas, com redução da taxa de analfabetismo, aumento do número de matrículas em todos os níveis de ensino e crescimento da escolaridade média da população. Apesar disso, a situação da educação no país ainda é insatisfatória, não apenas do ponto de vista qualitativo quanto quantitativo. Alguns indicadores são apresentados a seguir.

A análise da evolução do nível de escolaridade ao longo das últimas décadas revela que, apesar do crescimento observado, de uma média de dois anos de estudos em 1960 para cerca de seis anos em 2000, esse aumento é menor do que o esperado, em função do crescimento da renda *per capita* no mesmo período.

Em 1991, 79,9% das pessoas de 15 anos de idade ou mais eram alfabetizadas, sendo que essa percentagem passou para 86,4% em 2000.

A região Sul possui o maior índice de pessoas com 10 anos ou mais de idade que são alfabetizadas (93%) e o Nordeste o menor índice (75,4%). No Brasil como um todo, a taxa de analfabetismo declinou de 20,1% em 1990 para 13,6% em 2000. Houve significativa melhora nos índices de escolarização devido a intensas políticas voltadas para essa área. Em relação aos estados, o Distrito Federal tem a maior taxa de alfabetização do país, com 94,8%. Os demais estados com os melhores índices são Santa Catarina, com 94,3%, São Paulo e Rio Grande do Sul, com 93,9%, e Rio de Janeiro com 93,7%. Alagoas tem o menor índice de alfabetização, com 68,2%. Na zona rural, houve um aumento significativo da taxa de alfabetização, que era de 59,9% em 1991 e passou para 72,4% em 2000. A região Sul, com 93%, tem a mais alta proporção de pessoas alfabetizadas no campo. Já o Nordeste apresenta o pior desempenho do país, com apenas 75,4% das pessoas de 10 anos ou mais alfabetizadas.

Entre 1991 e 2000, o número de analfabetos caiu de 22,3 milhões de pessoas para 17,6 milhões. A maior queda foi verificada na faixa etária de 10 a 14 anos. A taxa de analfabetismo de adultos passou de 17,7% em 1991 para 7,2% em 2000. No grupo a partir de 15 anos, a taxa caiu de 20,1% para 13,2% no período.

Houve significativa melhora nos índices de escolarização como resultado das políticas voltadas à educação. Em 2000, a frequência escolar melhorou em todos os grupos etários e 79% dos alunos estavam matriculados na rede pública de ensino. A maior proporção de crianças na escola (94,9%) concentra-se na idade de 7 a 14 anos.

Tabela 1.4.2 - Indicadores da Educação no Brasil - 1960 a 2000

Indicadores	1960	1970	1980	1991	2000
Taxa de Alfabetização de Adultos (*)	60,4	66,4	74,5	79,9	86,8
Analfabetos	39,6	33,6	25,5	20,1	13,2
Nível de Educação da População (**)					
Fundamental primeira fase	41	40	40	38	43
Fundamental segunda fase	10	12	14	19	13
Médio	2	4	7	13	16
Superior	1	2	5	8	7
Número Médio de Anos de Estudo	2,1	2,4	3,6	5,0	5,7

Fonte: UNDP/IPEA, 1996 e IBGE, 1960, 2000b.

(*) Pessoas com idade de 15 anos ou mais.

(**) Pessoas de 25 anos ou mais de idade, por nível educacional concluído.

A baixa escolaridade da população infantil brasileira parece refletir, entre outros fatores, a contraposição entre a atratividade do mercado de trabalho e um sistema educacional muito pouco atraente, em razão da baixa qualidade e/ou da sua inadequação às demandas da população pobre.

Contudo, a baixa qualidade do sistema educacional está menos relacionada à escassez de recursos do que à ineficiência com que estes são distribuídos e utilizados. Essa ineficiência decorre, em grande parte, do formato institucional do sistema, marcado por forte fragmentação, ausência de instâncias efetivas de coordenação e precariedade dos mecanismos de informação e avaliação. Portanto, a má qualidade do ensino está associada à baixa eficiência dos insumos educacionais mobilizados.

1.4.8 Perfil da saúde

Esta seção tem por objetivo apresentar o perfil da saúde no Brasil, focalizando as características epidemiológicas, a demanda e a oferta de serviços de saúde, bem como os gastos realizados pelos diferentes níveis da administração pública.

Mortalidade infantil

Com base nos dados do Censo Demográfico de 1991, é possível estimar a tendência da taxa de mortalidade infantil na década de 1980. Essa taxa vem apresentando redução significativa, declinando de 163/1.000 em 1940 para 73/1.000 em 1980, 47,2/1.000 em 1990 e para 29,6/1.000 em 2000.

A região Nordeste foi a que mais se destacou na década, passando de uma taxa de mortalidade infantil de 73 óbitos por mil em 1990, para uma taxa de 44 por mil em 2000. Em relação às outras regiões, a variação das taxas de mortalidade infantil foram as seguintes: de 45,1 para 29,2 na região Norte; de 30,2 para 20,6 na região Sudeste; de 28,7 para 19,7 na região Sul; e de 31,3 para 21,2 na região Centro-Oeste.

Os dados disponíveis sugerem uma forte queda na mortalidade infantil na última década, refletindo a melhoria das condições de vida decorrente do aumento dos gastos com políticas de saúde, saneamento, alimentação e nutrição, a partir de 1986.

As mudanças no perfil das causas da mortalidade infantil nas últimas décadas refletem basicamente as transformações decorrentes do processo de urbanização e o peso das instituições de saúde com relação aos partos e aos cuidados à primeira infância. Embora a maioria dos nascimentos ocorra em hospitais e tenha ocorrido um aumento expressivo nos níveis de assistência médica à população, sua qualidade ainda é precária, o que se reflete na elevada incidência de causas perinatais e da septicemia na estrutura de mortalidade infantil.

As taxas de mortalidade materna vêm se reduzindo progressivamente nas últimas décadas, tendo se estabilizado, no entanto, nos anos 1980 com valores ainda elevados: 124/100.000 nascidos vivos para o país como um todo em 1989.

Mortalidade geral

A maior causa de morte no país está relacionada às doenças do aparelho circulatório, com coeficiente de incidência de 152/100.000 e respondendo por 30% das mortes em 1991. Em segundo estão as causas externas (98/100.000), destacando-se os acidentes, particularmente os de trânsito. O terceiro grupo é constituído pelas chamadas "causas mal definidas" (69/100.000), o que demonstra a fragilidade do sistema de informação do país e denota que um percentual expressivo de morte não é assistido pelo sistema de saúde. A quarta causa de morte são os neoplasmas. Vale notar que os neoplasmas malignos representam a primeira causa de morte feminina na faixa etária entre 25 e 64 anos.

Demanda e oferta dos serviços de saúde

A demanda por serviços de saúde está associada ao grau de desenvolvimento e à própria oferta desses serviços. As taxas de utilização dos serviços de saúde são crescentes segundo o nível de renda. Além disso, constata-se que, quanto maior a renda familiar *per capita*, maior o percentual de pessoas que pagam pelos serviços de saúde utilizados, sendo próximo a 60% nas classes com renda familiar *per capita* superior a dois salários mínimos mensais.

No tocante à oferta de serviços, a década de 1980 foi caracterizada por um forte crescimento do número de hospitais, ambulatórios e leitos. Entre 1980 e 1989, o número de hospitais públicos passou de 1,2 mil para 2,0 mil, e o de estabelecimentos públicos sem internação, de 8,8 mil para 20,8 mil, com taxas de crescimento de 61% e 136%, respectivamente. No caso do setor privado, as taxas, apesar de expressivas, foram menores: o número de hospitais privados passou de 4,9 mil para 5,2 mil, e de estabelecimentos sem internação, de 3,6 mil para 6,9 mil.

O Brasil possuía no final da década de 1980 cerca de 7,2 mil hospitais, com presença hegemônica do setor privado, e

27,7 mil estabelecimentos sem internação, onde predominavam os estabelecimentos públicos.

Apesar do crescimento do número de hospitais, o número de leitos hospitalares declinou entre 1980 e 1989, reduzindo-se de 4,3 para 3,7/1.000 habitantes. Como resultado da redução do número de leitos *per capita*, ocorreu, entre 1980 e 1989, uma diminuição das internações hospitalares, passando 0,162 para 0,151 por habitante/ano.

Tabela 1.4.3 - Indicadores da Saúde no Brasil - 1960 a 2000

Indicadores	1960	1970	1980	1990	2000
Mortalidade Infantil (por 1.000 nascidos vivos)	117,9 ¹	104,1	73,0	47,2	29,6
Crianças de 1 ano de idade imunizadas contra					
. Tuberculose (%)				87 ²	100,00 ⁴
. Sarampo (%)		27,9 ³	56,5	78,1	98,21(*)
Incidência de malária por 1.000 habitantes	1,39	1,30	3,40	8,32	
Número de médicos por 1.000 habitantes				1,3	1,4
Número de profissionais de enfermagem por 1.000 habitantes				0,4	0,3
Leitos por 1.000 habitantes			4,3	3,3 ⁵	2,9

Fonte: Ministério da Saúde (Datasus).

Notas: 1: Valor de 1965.

2: Valor de 1991; em 1995: 89,6%.

3: Valor de 1976.

4: Valor de 1999.

5: Valor de 1993.

(*) Crianças menores de um ano.

1.4.9 O acesso aos serviços de saneamento urbano

De modo geral, o acesso a serviços de esgotamento sanitário no Brasil apresenta discrepâncias significativas entre os diferentes estratos sociais. Entre os anos de 1981 e 1990, as parcelas da população urbana mais pobre, com renda de até um salário mínimo e entre um e dois salários mínimos, com acesso a esses serviços (33% e 41%, respectivamente), mantiveram-se em patamar muito inferior ao da média nacional, de 69%. O esgotamento sanitário é o serviço que apresenta menor taxa de atendimento, sendo oferecido em apenas 52,2% dos municípios brasileiros em 2000. Quatro entre cinco casos de doenças têm como causa a contaminação da água e a falta de tratamento adequado dos esgotos.

O abastecimento de água também privilegia as camadas de renda mais elevada. Após ter-se registrado uma expansão do abastecimento de água de 12,3 pontos percentuais na década de 1980, 87% da população urbana brasileira tinha acesso a água potável em 1991. Por classe de renda, a população mais pobre, com renda até cinco salários mínimos, está bem abaixo da média nacional. A taxa de cobertura desses serviços para a população com renda de até um salário mínimo é de apenas 71%; na faixa de renda superior a cinco salários mínimos, o percentual é de 95%.

A Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2000d) revela que 97,9% dos municípios brasileiros têm serviço de abastecimento de água, 78,6% têm serviço de drenagem urbana e 99,4% têm coleta de lixo.

Os dados de 2000 revelam que 76,1% dos domicílios possuem água canalizada por rede geral de distribuição, 62,3% possuem esgoto e fossa séptica e 79,0% têm coleta



de lixo. Esses dados indicam que o esgotamento sanitário ainda não atingiu índices satisfatórios, mesmo com o aumento da proporção dos domicílios com acesso a rede geral de esgoto ou fossa séptica.

Tabela 1.4.4 - Domicílios com acesso aos serviços de saneamento e coleta de lixo - 1960 a 2000

Tipo de Serviço	1960	1970	1980	1990	2000
Abastecimento de água por rede geral	21	33	55	71	76,1
Esgotamento Sanitário					
Rede Geral	13	13	28	35	47,3
Fossa Séptica	11	13	15	17	14,95
Fossa Rudimentar	26	34	29	26	23,65
Destino do Lixo Domiciliar (%)					
Coleta de Lixo				63,80	79,01
Queimado				18,64	11,23
Enterrado				2,57	1,16
Jogado em terreno baldio				-	6,93
Jogado em rio, lago ou mar				-	0,43

Fonte: IBGE 1981, 1989, 1990 e 2000c.

Nota: Os dados relativos à coleta e ao destino do lixo em 1991 tiveram como fonte o censo demográfico (IBGE 1991 e 2000b).

Os dados em branco (1960/1970 e 1980) não estão disponíveis.

Vale notar que essa situação desfavorável das camadas de menor nível de renda persiste, apesar de os investimentos em serviços de esgoto e de fornecimento de água realizados na década de 1980 terem sido orientados, predominantemente, para o atendimento desse segmento da população.

Tais resultados evidenciam que, historicamente, a oferta dos serviços de saneamento foi de tal modo orientada para as classes de renda mais elevada que as disparidades acumuladas no passado não puderam ser compensadas, nem mesmo pelo padrão de investimentos públicos mais favorável às camadas mais pobres observado na década de 1980.

O acesso a serviços de saneamento nas áreas rurais é muito mais incipiente que nas urbanas. As informações disponíveis são pouco precisas, mas estimativas de 1990 indicam que a cobertura do serviço da rede geral de abastecimento de água situava-se em 16% e de coleta de esgoto em torno de 5%.

A parcela do esgoto urbano do país tratado em estações de tratamento é muito baixa: apenas 10% do total gerado. Incluindo-se fossas sépticas como forma de tratamento, a média nacional eleva-se para 28%.

Outra fonte de problema nos centros urbanos são os resíduos sólidos, de origem doméstica e industrial. O lixo coletado e com disposição inadequada em aterros, a céu aberto e em áreas alagadas, dá origem a problemas sanitários e de contaminação hídrica. Quando se trata de carga tóxica, em geral de origem industrial e agrícola, as consequências ambientais para a saúde humana e para a preservação da fauna e da flora são mais significativas. Seu destino é problemático: a incineração é cara e também apresenta riscos de contaminação; a reciclagem nem sempre é possível, dada a qualidade dos resíduos ou seus custos de coleta e de transporte.

Das 125 mil toneladas de resíduos coletadas diariamente no Brasil, em 2000, aproximadamente 30% são depositadas a

céu aberto e em áreas alagadas, sem qualquer cuidado para evitar contaminação. A outra metade recebe algum tipo de tratamento: 22% são encaminhados a aterro controlados, locais utilizados para despejo de lixo coletado, em bruto, com o simples cuidado de cobrir o lixo com uma camada de terra; 43% são encaminhados a aterro sanitário, processo de disposição na terra do lixo coletado, sem causar perigo à

saúde ou afetar a segurança sanitária; 3% vão para a compostagem, transformação do lixo em composto orgânico para uso agrícola; 2% são reciclados; a parcela incinerada é desprezível. Isso significa que o destino de 52% do lixo coletado no Brasil (a soma da disposição a céu aberto e em aterro controlado) ameaça a saúde da população. O percentual deve ser ainda maior levando-se em conta a quantidade de lixo não coletado. Dos 5.507 municípios brasileiros, apenas 451 mantêm programas de coleta seletiva. Dos 3.466 municípios que coletam lixo hospitalar, 1.193 não fazem nenhum tipo de tratamento.

A expansão da cobertura de coleta de lixo urbano desde a década de 1980 foi significativa. Entretanto, em 1989, 273 municípios não tinham serviço de coleta de lixo e 309 tinham coleta irregular. O crescimento da cobertura apresentou características semelhantes às aquelas observadas nos serviços de água e esgoto: a expansão foi fortemente dirigida aos mais pobres. Mesmo assim, as camadas de renda mais baixa ainda são as que apresentam menor acesso ao serviço nas diversas regiões do país, em especial nas menos desenvolvidas economicamente. Os indicadores nacionais mostram que 83% da população urbana têm acesso ao serviço de coleta de lixo em 2000. O acesso na classe de renda de até um salário mínimo é de apenas 51%; na faixa de renda entre um e dois salários mínimos é de 57%; entre dois e cinco salários mínimos eleva-se para 70%; e atinge 89% nas classes com renda superior a cinco salários mínimos. A quantidade de lixo produzida por um indivíduo em regiões metropolitanas é de aproximadamente oitocentas gramas por dia. A tendência é aumentar ainda mais em função dos padrões atuais de consumo, baseados no desperdício. Qualquer esforço em busca de soluções para o problema dos resíduos sólidos exige não apenas tecnologias mais limpas e menos poluentes, mas também mudanças de hábitos de consumo e desenvolvimento de novas atitudes pessoais, empresariais e institucionais.

1.5 Resumo das Circunstâncias Nacionais

Tabela 1.5.1 - Resumo das Circunstâncias Nacionais

Critérios	1994	2000
População	156.755.230	169.799.170
Superfícies correspondentes (km ²)	8.514.876,599	8.514.876,599
PIB (milhões US\$ de 1994)	543.087	594.247
PIB <i>per capita</i> (US\$ de 1994)	3.464,11	3.492,63
Participação do setor informal no PIB (%)	ND	12,98
Participação da indústria no PIB (%)	36,1	35,5
Participação dos serviços no PIB (%)	49,7	57
Participação da agricultura no PIB (%)	14,2	7,5
Superfície destinada a usos agrícolas (km ²)	2.278.049,55 ⁽¹⁾	ND
População urbana como percentagem da população total (%)	79 ⁽²⁾	81,25
Número de cabeças na pecuária	158.243.229	169.875.524
Superfície florestal (em km ²)	5.611.070 ⁽³⁾	5.439.050 ⁽³⁾
Número de habitantes em situação de pobreza absoluta (milhões)	32 ⁽⁴⁾	22 ⁽⁵⁾
Esperança de vida no nascimento (anos)	66,4	68,6
Índice de alfabetização(%) ⁽⁶⁾	84	86,4

Notas:

ND - Não disponível.

1 - Terras aráveis disponíveis para a produção (IBGE, 1996a).

2 - Dados do IBGE de 1995.

3 - Dados da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação - FAO, 2000.

4 - Dados IPEA de 1993.

5 - Dados do IPEA. A FGV adota o valor de 50 milhões e o Banco Mundial 15 milhões. A metodologia utilizada pelo IPEA para se chegar a esse valor é a de linhas de pobreza regionalizadas (mínimo de 68 e máximo de 126 reais constantes em 1999, por pessoa por mês, dependendo da região do país e da situação urbano/rural) que resultam em proporções de pobres e indigentes cerca de duas vezes mais altas que as calculadas por organismos internacionais. Os organismos internacionais, como PNUD e o Banco Mundial, adotam como linha de pobreza aqueles que possuem uma renda de US\$ 2 por pessoa/dia, e como linha extrema de pobreza (indigência) a renda de US\$ 1 por pessoa/dia.

6 - Pessoas com idade de 15 anos ou mais, segundo o IBGE.



Mercosul





2 MERCOSUL

2.1 Antecedentes, objetivos e características principais

Historicamente, o processo de integração de países da América Latina iniciou-se em 1960, com o Tratado de Montevideu, seguido pela Associação Latino-Americana de Livre Comércio - ALALC, a Associação Latino-Americana de Integração - ALADI de 1980, o Programa de Integração e Cooperação Econômica - PICE de 1986 e o Tratado de Integração, Cooperação e Desenvolvimento de 1988.

Entretanto, o mais forte impulso ocorreu em 26 de março de 1991, com a criação do Mercado Comum do Sul - Mercosul, resultado de um longo processo de aproximação entre Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai. Seu objetivo definido pelo "Tratado de Assunção para Constituição do Mercado Comum do Sul", e reafirmado no Protocolo de Ouro Preto, de 17 de dezembro de 1994 sendo estes os principais instrumentos jurídicos do processo de integração.

O Tratado de Assunção constitui um acordo-quadro, ou seja, instrumento a ser continuamente complementado por instrumentos adicionais, negociados pelos quatro Estados Partes, em função do avanço da integração. O Tratado estabeleceu, fundamentalmente, as condições para se alcançar, até 31 de dezembro de 1994, a União Aduaneira entre os quatro países, etapa anterior ao Mercado Comum. Nesse sentido, ele determina, entre outros aspectos:

- estabelecimento de um programa de liberalização comercial, que composto por reduções tarifárias progressivas, lineares e automáticas, acompanhadas da eliminação das barreiras não tarifárias;
- a coordenação de políticas macro-econômicas;
- estabelecimento de uma Tarifa Externa Comum - TEC;
- estabelecimento de listas de exceções ao programa de liberalização para produtos considerados sensíveis;
- a constituição de um regime geral de origem e de um sistema de solução de controvérsias.

Com a assinatura do Protocolo de Ouro Preto, encerra-se o chamado período de transição do Mercosul. O Protocolo deu ao processo de integração o perfil completo de uma União Aduaneira. O Mercosul passou a contar com uma estrutura institucional definitiva para a negociação do aprofundamento da integração em direção ao ambicionado Mercado Comum.

2.2 Estrutura Institucional

Na Cúpula de Ouro Preto, definiu-se com mais detalhes a estrutura institucional do Mercosul. Ou seja, estabeleceu-se, além da estrutura básica, seus órgãos decisórios, as atribuições específicas de cada um deles e seu sistema de tomada de decisões. A estrutura atual do Mercosul possui cerca de cinquenta foros negociadores, alguns de natureza exclusivamente técnica, outros com funções políticas ou executivas. As línguas de trabalho são o português e o espanhol, idiomas oficiais do Mercosul.

Além disso, o Protocolo de Ouro Preto estabeleceu a personalidade jurídica de direito internacional do Mercosul, o que possibilita ao bloco a aquisição de direitos e a sujeição a obrigações como uma entidade distinta dos países que o

integram. Na prática, isso significa que o Mercosul pode negociar, como bloco, acordos internacionais.

Assim, a partir da Cúpula de Ouro Preto, o Mercosul passa a contar com instituições que permitem maior integração entre seus países-membros, bem como com terceiros países, inclusive outros blocos econômicos, fazendo assim com que se torne um espaço econômico de expressão.

2.3 Indicadores Básicos do Mercosul

O Mercosul é hoje uma realidade econômica de dimensões continentais: uma área total de mais de 11 milhões de quilômetros quadrados (mais de 58% do território latino-americano); um mercado de mais de 210 milhões de habitantes; e um PIB acumulado de mais de 1 trilhão de dólares, o que o coloca entre as quatro maiores economias do mundo.

A região é um dos principais pólos de atração de investimentos do mundo, importante reserva de recursos naturais do planeta e uma fonte considerável de recursos energéticos. O potencial agrícola do bloco é outra característica marcante. O Mercosul está entre os maiores produtores mundiais de trigo, café, cacau, cítricos, arroz, soja, leite e carne.

Desde sua criação, o Mercosul vem consolidando seu funcionamento e atingindo resultados expressivos, contribuindo para a criação de um clima receptivo de expansão do comércio. O comércio intra-Mercosul aumentou de US\$ 4,1 bilhões em 1991 para cerca de US\$ 20 bilhões em 1998. As importações dos países do Mercosul provenientes do resto do mundo cresceram de forma expressiva. Como resultado, a participação do Mercosul no total das importações mundiais triplicou, passando de US\$ 29,296 bilhões em 1990 a US\$ 98,763 bilhões em 1998. Tais resultados certamente serão intensificados, se considerarmos que se trata de um novo mercado regional de mais de 210 milhões de habitantes, com um Produto Interno Bruto de aproximadamente US\$ 1 trilhão.

Arranjos Institucionais Relevantes para a Elaboração do Inventário em Bases Permanentes





3 ARRANJOS INSTITUCIONAIS RELEVANTES PARA A ELABORAÇÃO DO INVENTÁRIO EM BASES PERMANENTES

3.1 Marco Institucional

O Brasil sempre desempenhou um papel de liderança na arena das questões ambientais globais, a exemplo da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento - UNCED, também conhecida como Rio-92, realizada no Rio de Janeiro, de 3 a 14 de junho de 1992.

O Brasil foi o primeiro país a assinar a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima - CQNUMC, durante a Rio-92. Posteriormente, mais 187 Partes (incluindo a União Européia) vieram integrar a Convenção, o que demonstra o seu caráter praticamente universal. A Convenção entrou em vigor em 21 de março de 1994, noventa dias após o depósito da quinquagésima ratificação pelo parlamento dos países. No Brasil, a mesma foi ratificada pelo Congresso em 28 de fevereiro de 1994 e entrou em vigor noventa dias após, em 29 de maio do mesmo ano.

Desde o início das atividades relacionadas com a mudança do clima no Brasil, foram criadas instituições para tratar do assunto e coordenar a implementação da Convenção no país.

3.1.1 A Comissão Interministerial de Desenvolvimento Sustentável

Em junho de 1994, o governo do Brasil estabeleceu uma Comissão Interministerial de Desenvolvimento Sustentável - CIDES por Decreto Presidencial (Decreto nº 1.160, de 21 de junho de 1994). A CIDES era presidida pelo Ministério do Planejamento e Orçamento e composta por outros Ministérios. O objetivo da CIDES era prestar assistência ao Presidente da República na tomada de decisões sobre estratégias e políticas nacionais voltadas para o desenvolvimento sustentável, de forma compatível com a Agenda 21, à luz da complexidade de tal tarefa e da necessidade de envolvimento de um grande número de instituições.

3.1.2 A Coordenação-Geral de Mudanças Globais do Clima

A responsabilidade pela coordenação da implementação dos compromissos resultantes da Convenção foi atribuída ao Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT pelo Decreto Presidencial nº 1.160/94. Foi, então, criada, em resposta ao mandato conferido pela CIDES, dentro da estrutura do MCT, a Coordenação-Geral de Mudanças Globais do Clima¹ - CGMG, em agosto de 1994, a quem foi atribuída essa missão.

A principal tarefa da CGMG é coordenar a elaboração da Comunicação Nacional inicial, de acordo com os compromissos assumidos na Convenção. A elaboração da Comunicação Nacional é um esforço multidisciplinar, envolvendo cerca de 150 instituições e 600 especialistas espalhados por todas as regiões do país. Além disso, a Comunicação constitui um grande desafio, tendo em vista a necessidade de desenvolver capacitação nacional na área, sendo que, em muitos casos, representa trabalho pioneiro e complexo.

Por sua abrangência e especificidade o trabalho envolveu especialistas em várias disciplinas de diversas instituições, abrangendo ministérios, instituições federais, estaduais, associações de classe, organizações não-governamentais, universidades e centros de pesquisas.

Além de coordenar a implementação dos compromissos do Brasil na Convenção sobre Mudança do Clima, a Coordenação participa das negociações sobre assuntos de implementação e aspectos técnicos e científicos que são debatidos nos órgãos subsidiários da Convenção (Órgão Subsidiário de Implementação - SBI e Órgão Subsidiário de Assessoramento Científico e Tecnológico - SBSTA).

Desde 1996, a Coordenação participou ativamente nas discussões que levaram à adoção do Protocolo de Quioto, em dezembro de 1997, no Japão, com destaque especial para o documento submetido pelo governo brasileiro à Convenção para subsidiar a elaboração do Protocolo. Tal documento propôs a criação de um Fundo de Desenvolvimento Limpo que, modificado, foi adotado como um dos artigos do Protocolo. Propôs, ainda, um novo critério de divisão do ônus da mitigação de mudança do clima baseado na responsabilidade dos países industrializados em causar o aumento de temperatura, que continua em análise pela Convenção no SBSTA.

Desde então, a Coordenação tem participado das discussões dos aspectos técnicos e científicos relacionados à regulamentação do Protocolo, em conjunto com o Ministério das Relações Exteriores.

Adicionalmente, entre os compromissos do Brasil na Convenção, destaca-se ainda o de promover e cooperar em pesquisas científicas, tecnológicas, técnicas, socioeconômicas e outras, em observações sistemáticas e no desenvolvimento de bancos de dados relativos ao sistema climático, cuja finalidade seja esclarecer e reduzir ou eliminar as incertezas ainda existentes em relação às causas, efeitos, magnitude e evolução no tempo da mudança do clima e as consequências econômicas e sociais de diversas estratégias de resposta.

A CGMG coordena, no âmbito do governo brasileiro, as revisões das avaliações científicas realizadas pelo Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima - IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) com o apoio crescente da comunidade científica, bem como participa ativamente, juntamente com o Ministério das Relações Exteriores, nas plenárias do Painel, fornecendo as perspectivas do governo brasileiro na discussão e na aprovação dos relatórios do IPCC.

Outra linha importante de atividades da Coordenação é a conscientização sobre o tema de mudança do clima. Para facilitar a integração de todos os especialistas e instituições envolvidos foi criada uma *homepage* sobre mudança do clima (<http://www.mct.gov.br/clima>) no site do Ministério da Ciência e Tecnologia. Trata-se de um foro de integração de especialistas de diferentes setores que podem acompanhar e contribuir para o trabalho, além de abrir espaço à sociedade na discussão do tema mudanças climáticas.

Ademais, a CGMG promove e apoia eventos sobre mudanças climáticas nas diversas áreas relacionadas ao tema, publica e disponibiliza informações relevantes, em especial da Convenção, do Protocolo e do IPCC. Procura, assim, desenvolver e divulgar informação legal, técnica e científica, bem como participar de debates sobre aquecimento global, suas causas e impactos, objetivando conscientizar formadores de opinião, formuladores de políticas, líderes empresariais, estudantes e a população em geral sobre o problema.

¹Intitulada Coordenação de Pesquisa em Mudanças Globais, quando da sua criação.

3.1.3 A Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima

A perspectiva de entrada em vigor do Protocolo de Quioto e da regulamentação do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL, assinalou a importância da formalização de um mecanismo dentro do governo que pudesse direcionar esse potencial para as prioridades nacionais de desenvolvimento. Ademais, a preocupação com a maior institucionalização da questão da mudança do clima no país, por causa de suas características estratégicas, levou à criação, pelo Decreto Presidencial de 7 de julho de 1999, da Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima, com o propósito de coordenar as ações do governo nessa área.

Tendo em vista que o Ministério da Ciência e Tecnologia já vinha exercendo as atividades nacionais voltadas ao cumprimento do compromisso inicial do Brasil relativo à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, coube a esse órgão a presidência e a função da Secretaria-Executiva da Comissão, uma vez que os aspectos científicos da mudança global do clima continuarão, no futuro previsível, a dominar as negociações políticas e que o conhecimento científico necessário para subsidiar as discussões pode ser viabilizado por meio dos instrumentos de fomento desse Ministério. A Coordenação-Geral de Mudanças Globais do Clima atua como Secretaria-Executiva da Comissão e o Coordenador-Geral da CGMG atua como seu Secretário-Executivo. A Vice-Presidência da Comissão cabe ao Ministério do Meio Ambiente.

A Comissão é integrada por representantes dos Ministérios das Relações Exteriores; da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; dos Transportes; de Minas e Energia; do Planejamento, Orçamento e Gestão; do Meio Ambiente; da Ciência e Tecnologia; do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior; e da Casa Civil da Presidência da República. Além disso, o decreto faculta à Comissão solicitar a colaboração de outros órgãos públicos ou órgãos privados e entidades representativas da sociedade civil na realização de suas atribuições.

São atribuições da Comissão:

I - emitir parecer, sempre que demandado, sobre propostas de políticas setoriais, instrumentos legais e normas que contenham componente relevante para a mitigação da mudança global do clima e para a adaptação do país aos seus efeitos;

II - fornecer subsídios às posições do governo nas negociações sob a égide da CQNUMC e instrumentos subsidiários de que o Brasil seja parte;

III - definir critérios de elegibilidade adicionais àqueles considerados pelos organismos da Convenção, encarregados do MDL, previsto no artigo 12 do Protocolo de Quioto à CQNUMC, conforme as estratégias nacionais de desenvolvimento sustentável;

IV - apreciar pareceres sobre projetos que resultem em reduções de emissões e que sejam considerados elegíveis para o MDL, a que se refere o inciso anterior, e aprová-los, se for o caso; e

V - realizar articulação com entidades representativas da sociedade civil, no sentido de promover as ações dos órgãos governamentais e privados, em cumprimento às obrigações assumidas pelo Brasil perante a CQNUMC e os instrumentos subsidiários de que o Brasil seja parte.

Circunstâncias Especiais





4 CIRCUNSTÂNCIAS ESPECIAIS

Esta seção tem por objetivo analisar circunstâncias especiais, em relação às quais há necessidades e preocupações específicas resultantes dos efeitos negativos da mudança do clima e/ou do impacto da implementação de medidas de resposta, de acordo com o artigo 4º, parágrafo 8º da Convenção.

4.1 Ilhas Marítimas

O Brasil possui 7.367 km de costa e 17 estados banhados pelo mar (Amapá, Pará, Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul). Considerando a extensão da costa brasileira, é expressivo o número de ilhas existentes.

Do ponto de vista ambiental, as ilhas são conhecidas por sua fauna e flora únicas, as quais são particularmente vulneráveis a distúrbios e destruição de natureza antrópica. As ilhas são particularmente vulneráveis à mudança do clima em vista do potencial aumento do nível do mar resultante do aquecimento global.

As principais ilhas brasileiras estão listadas abaixo, com informações sobre sua área e localização.

Tabela 4.1.1 - Principais ilhas brasileiras

Nome	Área	Localização		
	(Km ²)	Unidades da Federação	Latitude	Longitude
Costeiras				
Grande de Gurupá	3.958,5	Pará	-01° 00'	-51° 34'
Caviana de Fora	2.128,8	Pará	+00° 10'	-50° 00'
Marajó	50.000	Pará	-00° 57'	-49° 56'
Mexiana	1.534	Pará	-00° 02'	-49° 34'
Maracá	463,4	Amapá	+02° 03' 48"	-50° 30' 16"
Maiau	10,1	Maranhão	-01° 07' 00"	-44° 54' 20"
São Joãozinho	71,3	Maranhão	-01° 04' 48"	-45° 58' 24"
São Luís	914,2	Maranhão	-02° 31' 47"	-44° 18' 10"
Grande de Santa Isabel	198,5	Piauí	-02° 51' 07"	-41° 49' 02"
Itaparica	192,2	Bahia	-12° 53' 18"	-38° 40' 43"
Vitória	33,9	Espírito Santo	-20° 19' 10"	-40° 20' 16"
Grande	179,8	Rio de Janeiro	-23° 08' 25"	-44° 10' 09"
Jipóia	5,9	Rio de Janeiro	-23° 02' 34"	-44° 21' 49"
Bom Abrigo	1,1	São Paulo	-25° 07' 16"	-47° 51' 31"
São Sebastião	337,5	São Paulo	-23° 46' 39"	-45° 21' 30"
São Francisco	269,2	Santa Catarina	-26° 17' 26"	-48° 40' 08"
Santa Catarina	423,1	Santa Catarina	-27° 35' 48"	-48° 32' 57"
Oceânicas				
Fernando de Noronha	18,4	Pernambuco	-03° 50' 25"	-32° 24' 38"
Da Trindade	10,1	Espírito Santo	-20° 30' 16"	-29° 18' 46"
Martim Vaz	0,3	Espírito Santo	-20° 29' 10"	-28° 50' 22"

Fonte: IBGE, 2001.

No Brasil, o estudo de ilhas ainda é pouco difundido. Há um número reduzido de informações sobre animais e plantas, e de dados específicos sobre a geomorfologia e geologia das ilhas. Estudos sobre a vulnerabilidade das ilhas brasileiras ao aumento do nível do mar decorrente da mudança do clima ainda não foram desenvolvidos.

O litoral brasileiro pode ser dividido em três tipos de regimes de marés, compreendendo os estados da Federação incluídos nos intervalos abaixo:

- macromaré: do Amazonas ao Rio Grande do Norte;
- mesomaré: do Rio Grande do Norte à Bahia; e
- micromaré: do Espírito Santo ao Rio Grande do Sul.

Em futuros estudos, critérios relativos à população, área e altitude para distinção preliminar das ilhas costeiras brasileiras devem ser combinados com a classificação do litoral. Em relação à população, todas as ilhas que possuam centros urbanos devem ser consideradas especiais (alto risco). Deve-se também considerar o tipo de litoral no qual a ilha está localizada para que se possa inferir informações geológicas e geomorfológicas importantes para a constatação de áreas inundáveis. O regime das marés é um fator de grande relevância em contraposição com a altitude, como, por exemplo, as ilhas com baixas altitudes em regime de macromaré estão mais comprometidas que as ilhas de mesma altitude com regime de mesomaré.

4.2 Implicações Gerais de um Aumento do Nível do Mar nas Zonas Costeiras

4.2.1 Manguezais

Manguezais são largamente encontrados nas áreas costeiras tropicais. No Brasil, suas localizações foram mapeadas em escalas de 1:2.500.000 (para cobertura nacional) e 1:1.000.000 (para duas áreas selecionadas na região Norte) usando imagens LANDSAT, cartas náuticas e diversos mapas. Pesquisas identificaram cinco espécies principais de árvores nessas áreas: *Rhizophora mangle*, *Avicennia schaueriana*, *Avicennia nitida*, *Laguncularia racemos* e *Conocarpus erectus*. Essas espécies estendem-se do Cabo Orange localizado em 4° N até a latitude 28° 20' S. Em 1991, foi publicado um atlas da distribuição de mangues no Brasil.

Os mangues apóiam a cadeia biológica da fauna marinha e também retêm os sedimentos, freqüentemente impedindo ou reduzindo problemas de sedimentação em portos (MUEHE *et al*, 1995). Dependendo da relação entre topografia, suprimento de sedimentos e nível do mar, as comunidades que habitam mangues podem diminuir ou expandir, enquanto que a proporção das diferentes espécies pode variar. Essas variações podem ser investigadas para cenários diferentes, usando uma combinação de modelos físicos e biológicos, mas dados e conhecimento insuficientes atualmente impedem sua aplicação ao Brasil. Portanto, são recomendados métodos simples, tais como mapeamento contínuo das áreas de mangue, além da adoção de legislação para proteção e estudo da evolução dessas áreas. Os manguezais são protegidos por diversas leis, cuja aplicação nem sempre tem se mostrado eficiente.

4.2.2 Portos e Terminais

Os portos desempenham um papel significativo no comércio doméstico e internacional do Brasil e seriam diretamente afetados por mudanças relativas no nível do mar (MUEHE *et al*, 1995). Tais variações acarretariam conseqüências nas estruturas portuárias (por exemplo, quebra-mar, bóia de amarração, diques), assim como na operação portuária (por exemplo, intervalos entre dragagens, amplitude de oscilações no ancoradouro, freqüência de alagamento).

A Tabela 4.2.1 abaixo apresenta uma lista dos principais portos no Brasil, indicando a quantidade de carga movimentada em 2000, o tipo de operação e sua localização (mar aberto, baías e estuários). A vulnerabilidade de cada porto ao aumento do nível do mar pode ser parcialmente avaliada comparando o registro de elevação da maré alta e a altura do cais (elevação da estrutura). A importância dos impactos pode ser avaliada pelo tipo e quantidade de carga que é movimentada. A interrupção da operação teria um efeito local (no âmbito estadual); ao contrário, a interrupção da operação de um terminal especializado poderia ter maiores conseqüências econômicas.



Tabela 4.2.1 - Principais portos no Brasil - Localização e quantidade de carga movimentada em 2000

Região	Porto	Estado	Tipo de carga	Quantidade	local	Maré máxima	Estrutura
Norte	Macapá	AP	Geral	812.253	E	3,7	1,5-2,5
	Santana*	AP	minério de manganês	842.669	E	-	-
	Belém	PA	Geral	13.956.665	E	3,3	4,5
	Vila do Conde	PA	Granel/Geral	8.161.792	N/D	N/D	N/D
Nordeste	Itaquí	MA	Geral	58.551.672	B	6,2	9,0
	Fortaleza	CE	Geral	3.632.385	M	3,6	5,0
	Ubarana*	RN	Petróleo65	1.438.000	I	N/D	N/D
	Areia Branca	RN	Sal	4.928.895	I	0,9	6,8-7,1
	Natal	RN	Geral	5.323.432	E	-	4,3
	Cabedelo	PB	Geral	854.248	E	3,4	4,0
	Recife	PE	Geral	2.356.723	E	2,6	4,0
	Suape	PE	Granel líquido/Geral	3.900.147	N/D	N/D	N/D
	Aracaju*	SE	Petróleo	3.821.000	MB	2,5	4,0
	Barra dos Coqueiros	SE	Granel/Geral	2.757.367	N/D	N/D	N/D
	Maceió	AL	Geral	3.009.125	M	2,8	4,0
	Aratu	BA	Granel	18943.990	B	2,8	4,5
	Salvador	BA	Geral	1.992.246	B	2,6	1,8-4,0
	Madre de Deus*	BA	Petróleo	7.374.000	B	-	-
	Ilhéus	BA	Geral	748.791	M	2,3	4,0
Sudeste	Barra do Riacho	ES	Celulose/Granel	2.204.807	M	-	4,0
	Vitória	ES	Geral	6.337.408	E	3,5	4,0
	Tubarão	ES	Minério de ferro	72.610.733	M	-	-
	Praia Mole	ES	Granel sólido/Geral	19.709.923	M	1,7	4,0
	Regência	ES	Petróleo	545.822	N/D	N/D	N/D
	Ubu	ES	Granel sólido	15.067.457	M	-	-
	Enchova*	RJ	Petróleo	2.808.000	I	N/D	N/D
	Garoupa*	RJ	Petróleo	1.136.000	I	N/D	N/D
	Pampo*	RJ	Petróleo	1.673.000	I	N/D	N/D
	Fomo	RJ	Sal	530.935	M	2,4	3,6
	Rio de Janeiro	RJ	Geral	13.638.719	B	2,4	3,6
	Niterói	RJ	Trigo	142.944	B	2,4	3,7
	Sepetiba	RJ	Granel sólido	39.830.861	B	2,4	6,8
	Ilha Guaíba*	RJ	Minério de ferro	572.000	B	-	-
	Angra dos Reis	RJ	Petróleo e Trigo	16.283.337	B	2,2	3,2
	São Sebastião	SP	Petróleo/Geral	45.695.189	B	2,1	4,2
	Santos	SP	Geral	43.084.383	E	2,7	3,9-4,3
Sul	Antonina*	PR	Geral	275.000	B	-	-
	Paranaguá	PR	Granel/Geral	21.107.518	B	3,0	4,0
	Panorama	PR	Soja	41.580	N/D	N/D	N/D
	Imbituba	SC	Carvão mineral	1.156.047	M	1,5	6,5
	Itajaí	SC	Geral	2.235.617	E	1,8	3,2
	S. Francisco do Sul	SC	Petróleo/Geral	14.404.543	B	2,6	4,0
	Charqueadas	RS	Carvão	198.968	N/D	N/D	N/D
	Estrela	RS	Granel	505.352	N/D	N/D	N/D
	Pelotas	RS	Clínquer/Granel sólido	239.322	N/D	N/D	N/D
	Porto Alegre	RS	Granel/Geral	11.056.407	N/D	N/D	N/D
	Presidente Epitácio	RS	Soja	912.238	N/D	N/D	N/D
	Tramandaí*	RS	Petróleo	458.000	MB	N/D	N/D
	Rio Grande	RS	Granel	13.872.474	E	0,6	1,8-2,9

M = mar aberto; B = baía; E = estuário; I = plataforma *off-shore* ou ilha artificial; MB = monobóia; N/D = não disponível.

Nota: *dados de 1984. Esses portos encontravam-se desativados em 2000.

Considerando um aumento de um metro no nível do mar, diversos portos seriam alagados ou seu bordo livre (altura acima do nível da preamar) seria menor que 0,5 m. Em Macapá, que é influenciado tanto pela descarga do rio Amazonas quanto pelas elevadas marés oceânicas, as inundações da área portuária já representam um problema. Nas regiões Norte e Nordeste, três portos (Macapá, Itaqui e Cabedelo) podem ser inundados e cinco (Belém, Fortaleza, Recife, Maceió e Salvador) teriam diminuídos seus bordos livres; todos manipulam carga geral e, à exceção de Fortaleza e Maceió, estão localizados dentro de baías ou estuários. Nas regiões Sul e Sudeste, três portos (Vitória, Angra dos Reis e Paranaguá) podem vir a ser inundados e quatro (Forno, Rio de Janeiro, Niterói e São Francisco do Sul) teriam menos de 0,5 m de bordo livre. Estima-se que as operações em todos esses portos sejam adversamente afetadas e que alguma forma de melhoria seria provavelmente necessária. Considerando a localização desses portos e sua importância econômica, parece evidente que as regiões Norte e Nordeste são mais vulneráveis que as regiões Sul e Sudeste.

O porto de Suape, localizado 35 km ao sul de Recife, é o primeiro exemplo no Brasil onde o aumento do nível do mar foi considerado no projeto. Uma elevação adicional de 0,25 m foi incluída no projeto das estruturas do futuro porto baseada nos resultados preliminares de variações no nível do mar em Recife, considerando um horizonte de 50 anos. Em 2000, o porto de Suape movimentou 3.900.147 t de carga geral.

Outros efeitos devem ser também considerados. Maiores níveis de mar permitem às ondas atingirem a costa com maior altura devido à redução da fricção com o fundo. As forças das ondas são proporcionais à segunda ou terceira potência da altura da onda: um aumento de 10% na altura da onda aumenta o esforço sobre os pilares em 20% e aumenta em 30% o peso dos blocos de rocha empregados na construção de quebra-mares. Tais mudanças seriam particularmente importantes para portos localizados na costa a mar aberto (como por exemplo, Recife e Suape, Ilhéus, Praia Mole, Imbituba ou em ilhas artificiais, como por exemplo, Areia Branca e Sergipe). É interessante observar na Tabela 4.2.1 que quatro terminais no estado do Espírito Santo são localizados em costa de mar aberto e muitos poucos dados estão disponíveis sobre o desempenho e manutenção dos seus quebra-mares.

Mudanças no padrão de transporte de sedimentos e de deposição também interfeririam com a operação dos portos. Santos, localizado em um estuário, tem uma longa história de problemas de intrusão salina que foram estimados em 1,5 milhões m³/ano de sedimentos fluviais e 0,3 milhões m³/ano de sedimentos marinhos. Belém e Itaqui estão ambos localizados em estuários com altas variações de marés e movimentos significativos de sedimentos. Atualmente em Belém, o volume médio anual dragado é de cerca de 1,0 milhão m³, enquanto parece não haver problemas em Itaqui. Rio Grande está na desembocadura da Lagoa dos Patos, onde a maré astronômica é desprezível e as condições de fluxo são determinadas pelas condições meteorológicas no oceano e na lagoa: a intrusão salina é da ordem de 0,35 milhões m³/ano. As taxas e locais de sedimentação variarão com mudanças no nível do mar; no momento, é difícil fazer estimativas precisas dessas variações. Na costa de mar aberto, um aumento na taxa de transporte de areia ao longo da costa deve ser esperado como consequência de maiores ondas, sendo Recife um exemplo disso. Três locais onde já se verifica severa deposição no canal de acesso são: Fortaleza (0,6; 1,6 e 2,5 milhões m³/ano nos anos 1960, 1970 e 1980, respectivamente), Paranaguá (38 milhões m³ entre 1968 e 1979) e São Francisco do Sul (3,4 milhões m³ entre 1974 e 1979 no canal de acesso e 16.000 m³ na bacia de evolução).

Aumentos na altura das ondas já foram descritos no Atlântico Norte. Mudanças similares no Atlântico Sul seriam motivo de preocupação para a indústria de petróleo *off-shore* que fornece a maior parte do petróleo e gás natural produzidos no Brasil, como também para todas as estruturas costeiras.

4.2.3 Ocupação Humana do Litoral

A legislação brasileira estabelece que uma faixa de terra de 33 metros de largura na beira do oceano ou de estuários pertence à Federação, embora o uso privado seja permitido de acordo com regulamentos específicos e pagamento de impostos. Portanto, fundos para proteção de áreas de praias e costeiras são normalmente obtidos de recursos públicos (nos âmbitos municipal, estadual ou federal). Isso significa que os custos para responder ao aumento do nível do mar seriam indiretamente arcados pela população afetada do município, e divididos entre ela, na forma de impostos majorados, perdas de receitas, realocação de fundos públicos (que poderiam ser usados em outros lugares) ou mudanças no valor da propriedade.

A título de comparação, o custo unitário de obras de proteção costeira é freqüentemente informado. Portanto, parece razoável para uma análise exploratória estabelecer o parâmetro População por Unidade de Comprimento da Linha da Costa - PLC como um dos indicadores para os efeitos potenciais causados pelo aumento do nível do mar (MUEHE *et al*, 1995). Um maior grau de ocupação estaria relacionado às atividades econômicas mais diversificadas na costa, tais como moradia, turismo, necessidade de suprimento de água potável e deposição de resíduos e, conseqüentemente, a uma maior probabilidade de que um aumento do nível do mar traria alguma forma de efeito adverso. Além disso, maior densidade populacional indica que recursos financeiros poderiam ser mais facilmente obtidos para responder ao impacto considerado.

Para fins de gerenciamento e de decisão política relacionados com a melhor resposta a mudanças do nível do mar, o parâmetro PLC deveria ser usado em conjunto com outras informações, tais como geomorfologia costeira, tipos de uso da terra e de atividades econômicas, além de dados históricos. Contudo, por si só, o parâmetro PLC sugere o grau de estresse imposto à zona costeira. Ações limitadas em relação ao gerenciamento costeiro foram tomadas somente no nível municipal até a presente data; daí um valor alto de PLC para um município mostra a necessidade de esforço de gerenciamento futuro e sugere adicionalmente que uma resposta de "proteção" deve ser estabelecida para um dado aumento do nível do mar. De modo contrário, baixos valores de PLC indicam a oportunidade para prontamente estabelecer medidas de regulamentação do uso da terra que ajudem a prevenir o mal uso da área costeira e o alto custo dos trabalhos de engenharia no futuro portanto "retirada" ou "acomodação" devem ser as respostas mais adequadas dado o aumento do nível do mar².

Microregiões foram estabelecidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE como um grupo de municípios com características geográficas homogêneas e a divisão feita em 1980 foi adotada em estudo realizado para estimar valores de PLC. Microregiões foram escolhidas como unidades básicas costeiras. Dentro de cada uma das 61 microregiões que estavam localizadas na costa de mar aberto ou ao longo das baías e estuários, somente aqueles municípios que possuíam uma linha de costa foram considerados. O comprimento da costa para cada microregião foi obtido a partir de cartas náuticas e a população dos municípios costeiros foi obtida por meio dos

² Para maiores detalhes no que diz respeito a essas respostas veja IPCC, 1990.



censos de 1980 e 1991. Na maior parte dos casos, vilas e cidades estão localizadas exatamente na costa ou próximas a estuários e baías; a distância máxima em terra entre qualquer cidade considerada e a costa não excederia a 30 km.

Considerando a atual estrutura administrativa do Brasil, tal limite espacial parece adequado do ponto de vista socioeconômico. Os diferentes tipos de efeitos causados pelo aumento do nível do mar, como por exemplo, intrusão de água salgada, alagamento ao longo dos estuários, erosão de praias para lazer, trarão consequências à população do município como um todo. Portanto, para efeito da análise de PLC, a zona costeira poderia ser considerada como uma faixa de terra de no máximo 30 km de largura.

Caso se considere a distribuição da população, comparando os valores de PLC em 1980 e 1991 para cada microrregião, os valores de PLC têm aumentado com o tempo. Em 1991 cerca de 45% da linha da costa correspondia a municípios com <1.000 pessoas/km, o que caracteriza uma área costeira muito esparsamente povoada. De 1980 a 1991, expansão significativa ocorreu na categoria de grandes cidades (PLC > 10.000 pessoas/km) o que indica concentração crescente da população ao redor dos centros urbanos, principalmente em Vitória, Maceió e São Luís.

Outro modo de avaliar a importância relativa das áreas costeiras foi o de computar, para cada estado, o percentual da população que vive em municípios costeiros. De acordo com dados de 1980, as maiores concentrações de população na costa ocorriam nos estados do Amapá (83%), Rio de Janeiro (69%) e Pará (50%); o mesmo padrão foi encontrado em 1991, embora os percentuais se alterassem para 84%, 67% e 43%, respectivamente. Rio de Janeiro é um caso mais significativo, porque é o segundo estado mais povoado do país (8,5% da população total). A cidade do Rio de Janeiro, capital do estado, tem sua região metropolitana localizada ao redor de duas baías e se constitui no maior centro urbano costeiro no Brasil (cerca de 15 milhões de pessoas em 2000).

Tabela 4.2.2 - Comprimento do litoral de acordo com o grau de ocupação - PLC

Ano		Densidade de Ocupação (habitantes/km)				Total
		< 1.000	1.000-5.000	5.000-10.000	> 10.000	
1980	Comprimento (km)	3.824	2.683	385	560	7.452
	Porcentagem (%)	51,3	36,0	5,2	7,5	100
1991	Comprimento (km)	3.328	2.867	512	745	7.452
	Porcentagem (%)	44,7	38,5	6,9	10,0	100

Os estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Alagoas e Sergipe, todos na região Nordeste, apresentam uma porcentagem entre 30% e 40% de sua população vivendo em municípios costeiros, o que está acima da média nacional. Por causa do clima semi-árido do interior, que ocasiona migrações periódicas durante secas extremas, a maior parte da população se concentra em volta das capitais dos estados e em áreas mais próximas à costa, onde se dispõe de água potável.

Além disso, o estado de São Paulo, com 37 milhões de habitantes (22% do total da população) e abrigando a maior cidade da América do Sul (São Paulo, 18 milhões de habitantes de acordo com o censo de 2000), tem apenas 3% de sua população vivendo em municípios costeiros. Isso se deve a maior parte do estado estar localizada a 800 m acima do nível do mar e a planície costeira ser muito estreita e limitada pela Serra do Mar (onde ainda se encontra a Mata Atlântica nativa), o que dificulta a movimentação. A cidade

de Santos, onde se localiza o maior porto da América do Sul, tem uma população permanente relativamente pequena.

A menor população costeira encontra-se no estado do Paraná. O litoral está restrito às baías de Paranaguá e Antonina, que são limitadas pela mesma cadeia de montanhas como em São Paulo. A população em áreas baixas é comparativamente pequena.

Para o país como um todo, cerca de 20% dos habitantes vivem em municípios costeiros e podem ser afetados por um aumento do nível do mar. Esse é um número surpreendentemente pequeno e esse resultado muda a visão tida usualmente do Brasil como um país cuja população está concentrada ao longo da costa. Contudo, no nível regional e em escala menor, muitas áreas são altamente vulneráveis ao aumento do nível do mar.

4.3 Desertificação

A desertificação não é um problema recente. Assim, em 1977, em Nairobi, Quênia, foi realizada a Conferência Internacional das Nações Unidas para o Combate à Desertificação, onde foram fixadas as linhas do Plano de Ação de Combate à Desertificação - PACD, que tinha como objetivo desenvolver ações em âmbito mundial. No entanto, os avanços obtidos foram extremamente modestos.

No escopo de aplicação da Convenção das Nações Unidas para o Combate à Desertificação, as áreas susceptíveis à desertificação são aquelas de clima árido, semi-árido e sub-úmido seco. Essas classes climáticas, no âmbito da questão da desertificação, são determinadas de acordo com Índice de Aridez (THORNTHWAITE, 1941), adotado para o estabelecimento das áreas susceptíveis e para a elaboração do Atlas Mundial da Desertificação, publicado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - PNUMA. Esse índice é definido como a razão entre a quantidade de água advinda da chuva e a evapotranspiração potencial, ou seja, a perda máxima possível de água pela evaporação e transpiração, determinando as seguintes categorias:

- Hiper-árido < 0,03
- Árido 0,03 - 0,20
- Semi-árido 0,21-0,51
- Sub-úmido seco 0,51-0,65
- Sub-úmido úmido > 0,65

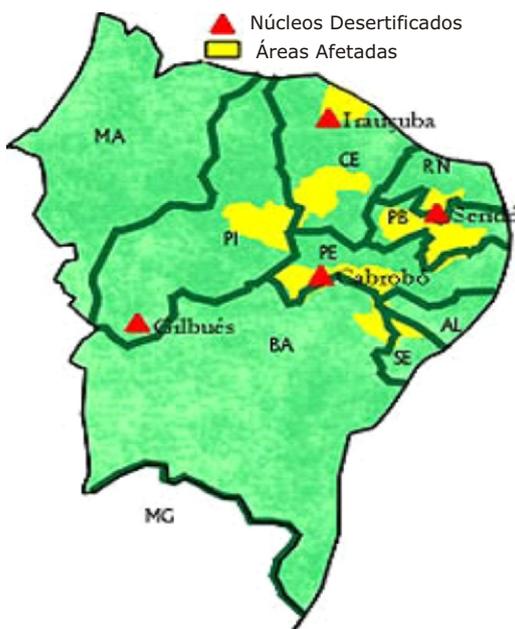
As áreas susceptíveis à desertificação correspondem a mais de 30% da superfície terrestre do planeta, onde vivem mais de 1 bilhão de pessoas. No Brasil, as áreas susceptíveis são aquelas que correspondem às regiões semi-árida e sub-úmida seca, localizadas em sua grande maioria na região Nordeste e no norte do estado de Minas Gerais, totalizando cerca de 980.000 km².

Figura 4.1 - Áreas susceptíveis à desertificação



A região semi-árida brasileira caracteriza-se por evapotranspiração elevada, ocorrência de períodos de secas, solos de pouca profundidade, alta salinidade, baixa fertilidade e reduzida capacidade de retenção de água, o que limita seu potencial produtivo. Além disso, o processo de desertificação é intensificado pela pobreza, e vice-versa. Nessa região onde vivem 42% da população do Nordeste (20.051.518 de pessoas, de acordo com o censo de 2000) são verificados os indicadores sociais mais alarmantes do Brasil.

Figura 4.2 - Áreas afetadas e núcleos desertificados



Dados do Ministério do Meio Ambiente - MMA indicam que uma área de 181.000 km² na região semi-árida vem sendo seriamente afetada pelo processo de desertificação, com a geração de impactos difusos, abrangendo diferentes níveis

de degradação de solos, da vegetação e dos recursos hídricos; e concentrada em pequenas áreas, com intensa degradação dos recursos e produzindo danos consideráveis. Essas áreas mais atingidas, chamadas de núcleos desertificados, foram inicialmente identificadas em quatro localidades: Gilbués, Iraçuba, Seridó e Cabrobo, totalizando 18.743,5 km².

A desertificação provoca três tipos de impactos, relacionados entre si: ambientais, sociais e econômicos. Os impactos ambientais correspondem à destruição da fauna e da flora, redução significativa da disponibilidade de recursos hídricos (assoreamento de rios e reservatórios) e perda física e química dos solos. Esses impactos ambientais geram uma perda considerável da capacidade produtiva, provocando mudanças sociais, como as migrações, que desestruturam as famílias e acarretam sérios impactos às zonas urbanas, para onde se deslocam as pessoas na busca de melhores condições de vida. As conseqüências econômicas desses impactos também são grandes. Segundo metodologia adotada pela ONU, os prejuízos causados pela desertificação correspondem a US\$ 250 por hectare em áreas irrigadas, US\$ 40 por hectare em áreas de agricultura de sequeiro e US\$ 7 por hectare em áreas de pastagem. De acordo com diagnóstico do MMA, as perdas econômicas no Brasil podem chegar a US\$ 800 milhões por ano devido à desertificação e os custos de recuperação das

áreas mais afetadas foram estimados em US\$ 2 bilhões para um período de 20 anos.

O Brasil, conforme prevê a Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação, está preparando um Plano Nacional de Combate à Desertificação, no qual deverão ser indicados os instrumentos legais, institucionais, econômicos, financeiros e informacionais para viabilizar as políticas e programas para combater o problema.

É importante ressaltar que, no Brasil, as áreas susceptíveis a grave degradação dos solos, dos recursos hídricos, da vegetação e a redução da qualidade de vida das populações afetadas não se limitam às regiões semi-árida ou sub-úmida seca. Têm sido identificados processos de degradação de terras em outras partes do país, como no Rio Grande do Sul (especialmente em Alegrete), Paraná, São Paulo e Rondônia. Situação preocupante de degradação é a da região do cerrado, pois o solo é naturalmente fraco, formado por areia quartzonita. Embora a vegetação compense a fragilidade do ecossistema, mantendo uma pequena camada de solo fértil, as freqüentes queimadas e a ação do gado, que consome todos os brotos, provocam o enfraquecimento da terra, sendo que a camada de terra produtiva cede lugar à areia. Entretanto, essas áreas não são enquadradas no conceito de desertificação de acordo com a metodologia das Nações Unidas.

4.4 Áreas de Alta Poluição Atmosférica Urbana

As fontes antrópicas de poluição atmosférica são as mais variadas: processos industriais de extração e transformação; processos de geração de calor industrial; queima de resíduos; transporte, estocagem e transferência de combustíveis; veículos motores e outras fontes móveis.

A poluição do ar provoca doenças respiratórias (asma, bronquite e efisema pulmonar) e desconforto físico (irritação dos olhos, nariz e garganta, dor de cabeça, sensação de cansaço, tosse), agrava doenças cardiorespiratórias e contribui para o desenvolvimento de



câncer pulmonar. Esses problemas de saúde relacionados à poluição atmosférica por vários estudos epidemiológicos e toxicológicos, até mesmo reconhecidos pela Organização Mundial de Saúde têm alto custo social, com gastos no tratamento de saúde, perda de horas de trabalho e redução da produtividade.

Além disso, a poluição atmosférica provoca a deterioração de materiais (borracha, materiais sintéticos, couro, tecidos, metais e outros), resultando em prejuízo econômico. O desenvolvimento das atividades agropecuárias também é afetado, provocando desde diminuição da resistência das plantas a doenças e pragas, até o acúmulo de poluentes tóxicos nos animais e sua transferência a outros seres, por meio da cadeia alimentar.

No Brasil, como na grande maioria dos países em desenvolvimento, os índices de urbanização são altos. Na década de 1970, o país atingiu um índice de urbanização de 55,9%, chegando a 81,2% em 2000. A região Sudeste, a mais desenvolvida do país, apresentou, em 2000, um índice de 90,5%.

Esse crescimento acelerado nas últimas décadas, na sua grande maioria desordenado, acarretou fortes pressões nas zonas urbanas. Tal fenômeno, combinado com o processo de industrialização, implica em altos índices de poluição atmosférica urbana.

O mais sério problema de poluição atmosférica verificado no Brasil está relacionado à emissão de material particulado pelas indústrias e pelo setor de transportes. As partículas mais danosas são aquelas iguais ou inferiores a $2,5\mu\text{g}/\text{m}^3$. Entretanto, as informações disponíveis apenas permitem estipular a emissão de partículas iguais ou superiores a $10\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Estudo do Banco Mundial, que se ocupou do mapeamento dos principais problemas urbanos do Brasil, apresenta dados sobre a poluição atmosférica nas grandes cidades, com ênfase nos materiais particulados emitidos por quatro fontes: veículos movidos a diesel, veículos movidos a gasolina, pequenas indústrias (com menos de 50 empregados) e grandes indústrias (com mais de 50 empregados).

Tabela 4.4.1 - Maiores Emissores de Material Particulado $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ (PM10)

Município (Estado)	População	Total PM10	Transporte PM10	Transporte	Indústria PM10	Grande Indústria	Pequena Indústria
	(1.000)	(t)	(t)	(% do total)	(t)	(% do total)	(% do total)
São Paulo - SP	9.646	41.204	24.081	58	17.123	41	1
Rio de Janeiro - RJ	5.481	16.684	9.727	58	6.957	41	1
Belo Horizonte - MG	2.020	10.140	4.934	49	5.206	50	1
Curitiba - PR	1.315	9.759	6.053	62	3.706	36	2
Porto Alegre - RS	1.263	6.107	4.694	77	1.413	21	2
Salvador - BA	2.075	6.104	4.796	79	1.308	19	2
Brasília - DF	1.601	6.089	3.628	60	2.461	39	1
Volta Redonda - RJ	220	5.833	390	6	5.443	93	1
Manaus - AM	1.012	5.480	3.680	67	1.800	32	1
Campo Grande - MS	526	4.603	3.964	86	639	13	1
Recife - PE	1.298	4.542	2.048	45	2.494	52	3
Itapeva - SP	82	4.515	112	2	4.403	97	1
Cubatão - SP	91	4.406	238	6	4.168	90	4
Sete Lagoas - MG	144	4.316	334	8	3.982	92	1
Guarulhos - SP	788	4.228	2.020	48	2.208	50	2

Fonte: WORLD BANK, 1998.

Nota: PM - material particulado.

De acordo com esse estudo do Banco Mundial, estima-se que o custo de cada vida salva com a redução de emissão de particulados nas áreas metropolitanas das grandes cidades varia de US\$10.000 a US\$25.000 por indústria e de US\$50.000 a US\$85.000 para os veículos a diesel.

4.5 Regiões de Ecossistemas Frágeis

Os ecossistemas frágeis incluem os desertos, as terras semi-áridas, as montanhas, as terras úmidas, as ilhotas e determinadas áreas costeiras, sendo importantes por terem características e recursos próprios. Tendo em vista que as ilhas e áreas costeiras, bem como as terras semi-áridas já foram consideradas anteriormente, neste item tratará unicamente das montanhas como ecossistemas frágeis, que receberam atenção especial na Agenda 21, em seu Capítulo 13.

O território brasileiro é constituído de estruturas geológicas muito antigas e é bastante erodido. O país apresenta modestas altitudes, uma vez que 93% do território brasileiro possui altitudes inferiores a 900 metros. Assim, não há grandes cadeias montanhosas no Brasil e as maiores montanhas do país localizam-se em parques nacionais³, como pode ser verificado na Tabela 4.5.1.

Tabela 4.5.1 - Montanhas do Brasil com altitudes superiores a 2.600 metros

NOME	LOCALIZAÇÃO	ESTADO	ALTITUDE
			(m)
Pico da Neblina	Parque Nacional do Pico da Neblina	Amazonas	3.014
Pico 31 de Março	Parque Nacional do Pico da Neblina	Amazonas	2.992
Pico da Bandeira	Parque Nacional do Caparaó	Espírito Santo / Minas Gerais	2.890
Pico das Agulhas Negras	Parque Nacional do Itatiaia	Minas Gerais / Rio de Janeiro	2.787
Pico do Cristal	Parque Nacional do Caparaó	Minas Gerais	2.780
Pedra da Mina	Serra Fina	Minas Gerais / São Paulo	2.770
Monte Roraima	Parque Nacional do Monte Roraima	Roraima	2.727
Morro do Couto	Parque Nacional do Itatiaia	Rio de Janeiro	2.680
Pedra do Sino de Itatiaia	Parque Nacional do Itatiaia	Minas Gerais	2.670
Pico dos Três Estados	Serra Fina	Minas Gerais / Rio de Janeiro / São Paulo	2.665
Pedra do Altar	Parque Nacional do Itatiaia	Minas Gerais / Rio de Janeiro	2.665
Morro da Cruz do Negro	Parque Nacional do Caparaó	Espírito Santo	2.658
Pedra Roxa	Parque Nacional do Caparaó	Espírito Santo	2.649
Pico do Tesouro	Parque Nacional do Caparaó	Espírito Santo	2.620
Pico do Maromba	Parque Nacional do Itatiaia	Rio de Janeiro	2.619
Morro do Massena	Parque Nacional do Itatiaia	Minas Gerais / Rio de Janeiro	2.609
Pico da Cabeça de Touro	Serra Fina	São Paulo	2.600

Fonte: IBGE, 1996b.

Atenção especial tem sido dada no país à conservação da Serra do Mar, que constitui um sistema montanhoso que se estende desde o estado do Espírito Santo até o sul do estado de Santa Catarina. A Serra do Mar abriga, em 2000, os principais remanescentes da Mata Atlântica, reduzida a cerca de 7% de sua área inicial, que recobria toda a costa leste brasileira, desde o Rio Grande do Norte até o Rio Grande do Sul.

A Constituição Federal dispõe em seu artigo 225^o, parágrafo 4^o, que "a floresta amazônica brasileira, a Mata Atlântica, a Serra do Mar, o Pantanal Mato-Grossense e a zona costeira

são patrimônio nacional, e sua utilização far-se-á, na forma da lei, dentro de condições que assegurem a preservação do meio ambiente, inclusive quanto ao uso dos recursos naturais".

4.6 Dependência Externa de Petróleo e de seus Derivados

Em 1938, foi criada a Comissão Nacional de Petróleo - CNP, cuja principal atividade era "traçar e executar a política do petróleo no país, controlar o abastecimento, bem como realizar pesquisas de petróleo e gás". Em 1954, foi criada a companhia nacional de petróleo do Brasil, a Petrobras, com o objetivo principal de desenvolver pesquisas e investimentos para aumentar a prospecção desse energético no país, bem como incrementar sua exploração e produção.

A criação dessas instituições, além de outras medidas adotadas, teve como efeito primordial o desenvolvimento da indústria do petróleo, principalmente nas áreas de exploração e produção, para que fatores exógenos não

interferissem na estabilidade econômica do país, visto que o petróleo e seus derivados figuravam, e ainda figuram, como um dos principais energéticos.

Esse esforço foi intensificado pelos efeitos dos choques do petróleo ocorridos em 1973 e 1979, quando o governo brasileiro, devido aos aumentos dos custos da importação, decidiu implementar uma política energética que objetivava a redução do dispêndio de divisas. Dessa forma, principalmente na primeira metade da década de 1980, verificou-se vultuosos investimentos no desenvolvimento de novas fontes energéticas que substituíssem a gasolina, o óleo diesel e o óleo combustível (principalmente o álcool oriundo da cana-de-açúcar, que será oportunamente analisado) e na pesquisa de prospecção em território nacional, que resultou em grandes descobertas,

principalmente na Bacia de Campos.

Todo esse esforço resultou em uma redução na dependência externa de petróleo e de seus derivados, cuja evolução na década de 1990 pode ser verificada na Tabela 4.6.1.

³ Em 22 de agosto de 2002, foi criado por decreto presidencial o Parque Nacional das Montanhas de Tumucumaque, na região noroeste do Amapá, na fronteira com a Guiana Francesa, que corresponde a 3,8 milhões de hectares de floresta amazônica contínua e praticamente intocada.



Tabela 4.6.1 - Evolução da Dependência Externa de Petróleo e de Derivados - 1990 a 2000

Ano	Petróleo	Derivados				
		Gasolina	Óleo Diesel	Óleo Combustível	Nafta	GLP
(%)						
1990	46,27	- 25,80	1,75	- 17,28	2,71	23,97
1991	45,32	- 15,50	6,80	- 19,97	8,17	27,85
1992	46,68	- 21,50	7,49	- 18,36	16,37	27,58
1993	46,07	- 37,83	13,14	- 8,28	19,84	24,50
1994	46,92	- 28,76	6,71	- 7,26	27,27	25,76
1995	43,48	- 6,29	13,83	- 0,37	31,80	33,70
1996	40,31	0,72	14,12	- 3,55	33,54	39,11
1997	40,30	- 0,94	15,38	- 13,66	38,72	42,04
1998	35,77	- 6,31	15,56	- 31,97	38,27	43,21
1999	30,70	- 5,68	9,04	- 26,34	22,25	41,48
2000	21,61	- 12,83	9,93	- 30,97	26,40	38,40

Nível de dependência externa (%) = (1 - produção / consumo total) * 100.
 Fonte: MME, 2001.

Para o petróleo, a dependência externa, ao longo do período de 1990 a 2000, caiu 24,66 pontos percentuais, estando em 2000 com um nível de dependência externa de 21,61%. Isso significa que o país produz 78,39% de tudo que consome, quadro esse bastante positivo para a economia brasileira. Para os derivados, essa evolução é diferenciada, conforme indicado na Tabela 4.6.1.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; KOUSKY, V. E., 1982. *Análise de um caso de atividade convectiva associada a linhas de instabilidade na Região Sul e Sudeste do Brasil*. São José dos Campos: INPE.
- CHAN, S. C., 1990. *Analysis of easterly wave disturbances over South Atlantic Ocean*. Dissertação de mestrado. São José dos Campos: INPE.
- CUSTÓDIO, M. A. M. e HERDIES, D. L., 1994. *O jato de baixos níveis a leste da cordilheira dos Andes - um estudo de caso*. In: VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia. SBMET. Anais 2.
- FERNANDES, K. A. e SATYAMURTY, P., 1994. *Cavados invertidos na região central da América do Sul*. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia. Belo Horizonte.
- GAN, M. A. e RAO, V. B., 1991. *Surface cyclogenesis over South America*. Monthly Weather Review.
- HASTENRATH, S. e HELLER, L., 1977. *Dynamics of climatic hazard in the Northeast Brazil*. Quarterly Journal of Royal Meteorological Society.
- IBGE - FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 1960. *Censo Demográfico*.
- _____, 1970. *Censo Demográfico*.
- _____, 1980. *Censo Demográfico*.
- _____, 1981. *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios - PNAD*.
- _____, 1989. *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios - PNAD*.
- _____, 1990. *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios - PNAD*.
- _____, 1991. *Censo Demográfico*.
- _____, 1995. *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios - PNAD*.
- _____, 1996a. *Censo Agropecuário 1995/1996*.
- _____, 1996b. *Anuário Estatístico do Brasil*.
- _____, 2000a. *Anuário Estatístico do Brasil*.
- _____, 2000b. *Censo Demográfico*.
- _____, 2000c. *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios - PNAD*.
- _____, 2000d. *Sistema de Contas Nacionais: Brasil: 1990-2000*. Rio de Janeiro.
- _____, 2000e. *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - PNSB*.
- _____, 2001. *Diretoria de Geociências, Departamento de Cartografia, Cadastro de ilhas no Brasil*.
- _____, 2002. *Sistema de Contas Nacionais - Brasil: 1990-2000*. Rio de Janeiro.
- IPCC/UNEP/WMO - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAMME; WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION, 1990. *Strategies for Adaptation to Sea Level Rise*. Report of the Coastal Zone Management Subgroup. Intergovernmental Panel on Climate Change, Response Strategies Working Group, Rijkswaterstaat.
- IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA, 1993a. *O Mapa da Fome*. Documentos de Política 14. Brasília.
- _____, 1993b. *O Mapa da Fome II*. Documentos de Política 14. Brasília.
- _____, 1993c. *O Mapa da Fome III*. Documentos de Política 14. Brasília.
- KOUSKY, V. E. e CHU, P. S., 1978. *Fluctuations in annual rainfall for Northeast Brazil*. Journal of Meteorological Society of Japan. Japão.
- KOUSKY, V. E. e CAVALCANTI, I. F. A., 1984. *Eventos Oscilação Sul - El Niño: características, evolução e anomalias de precipitação*. Ciência e Cultura.
- MARENGO, J. A., 1995. *Interannual variability of deep convection over the tropical South American sector as deduced from ISCCP C2 data*. International Journal of Climatology.
- MARENGO, J. A. e HASTENRATH, S., 1993. *Cases studies climatic events in Amazon Basin*. Journal of Climate.
- MATSUMOTO, S.; NINOMIYA, K.; HASEGAWA, R.; MIKI, Y., 1982. *The structure and the role of a subsynoptic-scale cold vortex on the heavy precipitation*. Journal of Meteorological Society of Japan. Japão.
- MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2001. *Balanco Energético Nacional*. Brasília.
- MOURA, A. D. e SHUKLA, J., 1981. *On the dynamics of droughts in the northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a general circulation model*. J. Atmos. Sci.
- MUEHE e NEVES C. F., 1995. *The implications of sea-level rise on the Brazilian coast: A preliminary assessment*. Journal of Coastal Research. Special Issue n. 14, p. 54-78. Fort Lauderdale.
- NIMER, E., 1979. *Climatologia do Brasil*. SUPREN/IBGE.
- NOBRE, C., 1983. *The Amazon and climate, in Proceedings of Climate Conference for latin America and the Caribbean*. Geneva: World Meteorological Organization.
- NOBRE, P., 1994. *Variabilidade Climática sobre o Atlântico Tropical*. Parte II: Estudo de Casos. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia. Belo Horizonte.
- OLIVEIRA, A. S., 1986. *Interações entre sistemas na América do Sul e convecção na Amazônia*. Dissertação de mestrado em meteorologia. São José dos Campos: INPE.
- QUADRO, M. F. L. e ABREU, M. L., 1994. *Estudos de episódios de Zonas de Convergência do Atlântico Sul sobre a América do Sul*. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia. Anais II. Belo Horizonte.
- RAO, V. B. e HADA, K., 1990. *Characteristics of Rainfall over Brazil: Annual Variations and Connections with the Southern Oscillations*. Theor. Appl. Climatol.
- RAO, V. B.; LIMA, M.; FRANCHITO, S. H., 1993. *Seasonal and Interannual Variations of Rainfall over Eastern Northeast Brazil*. Journal of Climate.
- THORNTHWAITE, C. W., 1941. *Atlas of Climatic Types in the United States*. U.S. Department of Agriculture, Forest Service (Miscell. Pub. n. 421).
- SILVA DIAS, M. A. F.; HALLAK, R., 1994. *Análise de casos de formação de vórtices de ar frio*. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia.
- UNDP/IPEA - UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAMME & INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA, 1996. *Relatório sobre o desenvolvimento humano no Brasil*. Rio de Janeiro: IPEA; Brasília: PNUD.
- VIRJI, H., 1981. *A preliminary study of summertime tropospheric circulation patterns over South America estimated from cloud winds*. Monthly Weather Review.
- WORLD BANK, 1998. *Managing Pollution Problems*. The Brown Environmental Agenda. v. I: Policy Report. v. II: Annexes. 27 de fevereiro.
- YAMAZAKI, Y. e RAO, V. B., 1977. *Tropical cloudiness over the South Atlantic Ocean*. Journal of Meteorological Society of Japan.



BIBLIOGRAFIA ADICIONAL

- ALGARVE, V. R. e CAVALCANTI, I. F. A., 1994. *Características da circulação atmosférica associadas à ocorrência de geadas no sul do Brasil*. In: *Congresso Brasileiro de Meteorologia*. Anais II. Belo Horizonte.
- ALMANAQUE ABRIL, 2000. São Paulo.
- ANGULO, R. J., 1989. *Variações na Configuração da Linha de Costa do Paraná nas Últimas Quatro Décadas*. In: *II Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário*. Anais [?]. Rio de Janeiro, 10-16 de julho..
- ANP - AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, 1998. *Anuário Estatístico da Indústria Brasileira de Petróleo 1990/1997*. Rio de Janeiro. ARGENTO, M. S. F., 1989. The Paraíba do Sul retrogradation and the Atafona environmental impact. In: NEVES, C.F. e MAGOON, O.T.(Eds.). *Coastline of Brazil*. Nova Iorque: American Society of Civil Engineers.
- AUBREY, D. G.; EMERY, K. O.; UCHUPI, E., 1988. *Changing coastal levels of South America and the Caribbean region from tide gauge records*. Tectonophysics.
- BANDEIRA JÚNIOR., A. N.; PETRI, S.; SUGUIO, K., 1975. *Projeto Rio Doce*. Petróleo Brasileiro S.A. Relatório interno.
- CARTER, D. J. T. e DRAPER, L., 1988. *Has the Northeast Atlantic become rougher?* Nature.
- CAVALCANTI, I. F. A., 1982. *Um estudo sobre as interações entre os sistemas de circulação de escala sinótica e circulações locais*. São José dos Campos: INPE.
- _____, 1985. *Casos de intensa precipitação nas regiões sul e sudeste do Brasil no período de inverno de 1979-1983*. São José dos Campos: INPE.
- CARVALHO, A. M. G., SILVA DIAS, P. L., NOBRE, C. A., 1989. *Upper tropospheric vorticity and OLR structure over tropical South America - Third International Conference in Southern Hemisphere*. Buenos Aires.
- CASARIN, D. P. e KOUSKY, V. E., 1986. *Anomalias de precipitação no sul do Brasil e variações da circulação atmosférica*. Revista Brasileira Meteorologia.
- CHU, P. S.; YU, Z. P.; HASTENRATH, S., 1994. *Detecting climate change concurrent with deforestation in the Amazon Basin: which way has it gone?* Bulletin of American Meteorological Society.
- CHUNG, J. C., 1982. *Correlations between the Tropical Atlantic trade winds and precipitations in northeast Brazil*. Journal of Climatology.
- CITEAU, J; BERGÉS, J. C.; DEMARCO, H.; MAHÉ, G., 1988. *Position de la Zone de Convergence a 28° N et température de surface de l'océan*. Veille Climatique Satellitaire.
- CITEAU, J., 1988. *The watch of ITCZ migrations over tropical Atlantic as an indicator in drought forecast over Sahelian area*. Ocean-Atmosphere Newsletter.
- CPTEC/INPE - CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS, 1996. *Revista Climanálise Especial*. Edição comemorativa de 10 anos. São Paulo.
- CRUZ, O.; COUTINHO, P. N.; DUARTE, G. M.; GOMES, A. M. B.; MUEHE, D., 1985. *Brasil*. In: BIRD, E. C. F. e SHWARTZ, M. L. (Eds.). *The World's Coastline*. Nova Iorque: Van Nostrand Reinhold Co.
- DELIBRIAS, C. C. e LABOREL, J., 1971. *Recent variations of the sea level along the Brazilian coast*. Quaternaria.
- DIAS, G. T. M. *O complexo deltaico do Rio Paraíba do Sul*, 1981. In: *IV Simpósio Quaternário no Brasil*. Publicação Especial. Rio de Janeiro.
- DIAS, G. T. M. e GORINI, M. A., 1979. *Morfologia e dinâmica da evolução do delta atual do rio Paraíba do Sul*. In: *Anais da V Semana de Geologia*. Rio de Janeiro: UFRJ.
- DIAS, G. T. M. e SILVA, C. G., 1984. *Geologia de depósitos arenosos costeiros emersos - exemplos ao longo do litoral fluminense*. In: LACERDA, L. D.; ARAUJO, D. S. D.; CERQUEIRA, R.; TURCQ, B. (Eds.). *Restingas: Origem, Estrutura, Processos*. Niterói: CEUFF.
- DICKINSON, R. E. e HENDERSON-SELLERS, A., 1988. *Modelling tropical deforestation: a study of GCM land-surface parametrizations*. Quarterly Journal of Royal Meteorological Society.
- DOMINGUEZ, J. M. L., 1989. *Ontogeny of a strand-plain: Evolving concepts on the evolution of the Doce river beach-ridge plain (East coast of Brazil)*. In: *International Symposium on Global Changes in South America during the Quaternary: Past-Present-Future*. Special Publication n. 1. São Paulo.
- DOMINGUEZ, J. M. L.; MARTIN, L.; BITTENCOURT, A. C. S. P.; FERREIRA, Y. A.; FLEXOR, J. M., 1982. *Sobre a validade da utilização do termo delta para designar planícies costeiras associadas às desembocaduras dos grandes rios brasileiros*. In: *32 Congresso Brasileiro de Geologia*, v. 2 (Breves Comunicações): 92. Salvador.
- FIGUEROA, S. N. e NOBRE, C. A., 1990. *Precipitations distribution over Central and Western Tropical South America*. In: *Climanálise - Boletim de Monitoramento e Análise Climática*.
- FIGUEIROA, N. F.; SATYAMURTY, P.; SILVA DIAS, P. L., 1995. *Simulations of the summer circulation over the South American region with an eta coordinate model*. J. Atmos. Sci..
- FISCH, G., 1990. *Climatic Aspects of the Amazonian Tropical Forest*. In: *Acta Amazônica*.
- FISCH, G.; LEAN, J.; WRIGHT, I. R.; NOBRE, C. A., 1996. *Simulações climáticas do efeito do desmatamento na região Amazônica; estudo de um caso em Rondônia*. Revista Brasileira de Meteorologia.
- FORTUNE, M. A., 1982. *A severidade da grande geada de 1981: uma avaliação por satélite em tempo real*. São José dos Campos: INPE.
- FRANK, N. L., 1966. *The weather distribution with upper tropospheric cold lows in the tropics*. U.S Weather Bureau, Southern Region. Technical Memorandum n. 28.
- _____, 1970. *On the energetics of cold lows*. Proceedings of the Symposium on Tropical Meteorology. American Meteorological Society.
- FRANZINELLI, E., 1982. *Contribuição à geologia da costa do Estado do Pará (entre a baía de Curaça e Maíau)*. In: SUGUIO, K.; DE MEIS, M. R. M.; TESSLER, M. G. (Eds.). *Atlas IV Simpósio do Quaternário no Brasil*. Rio de Janeiro.
- GAN, M. A., 1982. *Um estudo observacional sobre as baixa frias da alta troposfera, nas latitudes subtropicais do Atlântico Sul e leste do Brasil*. Dissertação de mestrado em meteorologia. São José dos Campos: INPE.
- GAN, M. A. e KOUSKY, V. E., 1986. *Vórtices ciclônicos da alta troposfera no oceano Atlântico Sul*. Revista Brasileira de Meteorologia.
- GANDÚ, A. W. e GEISLER, J. E., 1992. *A primitive equation model study of the effect of topography on the summer circulation over tropical South America*. J. Atmos. Sci.
- GOMES, F. C., 1987. *Interferências sobre a migração de ilhas-barreira na região da Lagoa da Conceição, Ilha de Santa Catarina*. In: *Anais I Congresso Associação Brasileira para Estudos do Quaternário*. Porto Alegre.
- GRIMM, A. M., 1992. *Influência remota de fontes tropicais anômalas de calor*. Tese de doutorado. São Paulo: Instituto Astronômico e Geofísico, USP.
- GRIMM, A. M. e SILVA DIAS, P. L., 1995. *Analysis of tropical-extratropical interactions with influence functions of a barotropic model*. J.A.S..
- GUEDES, R. L. e SILVA DIAS, M. A. F., 1985. *The observed synoptic scale structure in the presence of the mesoscale convective complexes over South America*. In: *2nd Meeting of Brasil-USA Cooperative Program on the Role of Convection in the Amazon region*. São José dos Campos.
- GUEDES, R. L.; MACHADO, L. A. T.; SILVEIRA, J. M. B.;

- ALVES, M. A. S.; WALTZ, R. C., 1994. *Trajatórias dos sistemas convectivos sobre o continente americano*. In: *VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia*. SBMET. Anais 2.
- GUSMÃO, L. A. B.; CASSAR, J. C. M.; NEVES, C. F., 1993. *The Northern Coast of the State of Rio de Janeiro*. Proceedings Coastal Zone 93. Nova Iorque: American Society of Civil Engineers.
- HARARI, J. e CAMARGO, R., 1994. *Tides and mean sea level in Recife (PE)- 8° 3.3' S 34° 51.9' W - 1946 to 1988*. In: *Boletim do Instituto Oceanográfico*. São Paulo: USP.
- HASTENRATH, S. e LAMB, P., 1977. *Climatic Atlas of the Tropical Atlantic and Eastern Pacific Oceans*. University of Wisconsin Press.
- HENDERSON-SELLERS, A.; DICKINSON, R. E.; DURBIDGE, T. B.; KENNEDY, P. J.; MCGUFFIE, K.; PITMAN, A. J., 1993. *Tropical deforestation modelling local to regional scale climate change*. Journal of Geophysical Research.
- HERTZ, R., 1991. *Manguezais do Brasil*. São Paulo: Instituto Oceanográfico, USP.
- HOREL, J. D.; HAHMANN, A. N.; GEISLER, J. E., 1989. *An investigation of the annual cycle of convective activity over the tropical Americas*. Journal of Climate.
- HURRELL, J. W. e VINCENT, D. G., 1991. *On the maintenance of short-term subtropical westerly maxima in the Southern Hemisphere during SOP-1, FGGE*. Journal of Climate.
- IBGE - FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 1994. *Anuário Estatístico do Brasil*.
- _____, 1996a. *Carta IBGE - Suplemento Especial*.
- _____, 1996b. *Tendências demográficas: uma análise a partir dos resultados do censo demográfico de 1991*.
- _____, 1997. *Sistema de Contas Nacionais: Brasil: 1990-2000*. Rio de Janeiro.
- IBP - INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO E GÁS, 1996. *Anuário da Indústria do Petróleo: Exploração e Produção*. Rio de Janeiro.
- INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 1992. *Deforestation in Brazilian Amazonian*. São José dos Campos.
- KALNAY, E.; MO, K. C.; PAEGLE, J., 1986. *Large-amplitude, short-scale stationary Rossby waves in the Southern Hemisphere: Observations and mechanistic experiments to determine their origin*. J. Atmos. Sci..
- KODAMA, Y. M., 1992. *Large-scale common features of subtropical precipitation zones (the Baiu Frontal Zone, the SPCZ, and the SACZ)*. Part I: characteristics of subtropical frontal zones. Journal of Meteorological Society of Japan. Japão.
- _____, 1993. *Large-scale common features of subtropical precipitation zones (the Baiu Frontal Zone, the SPCZ, and the SACZ)*. Part II: Conditions of the circulations for generating the STCZs. Journal of Meteorological Society of Japan. Japão.
- KOUSKY, V. E., 1979. *Frontal influences on northeast Brazil*. Monthly Weather Review.
- _____, 1980. *Diurnal rainfall variation in Northeast Brazil*. Monthly Weather Review.
- _____, 1988. *Pentad outgoing longwave radiation climatology for the South American sector*. Revista Brasileira de Meteorologia.
- KOUSKY, V. E. e GAN, M. A., 1981. *Upper tropospheric cyclonic vortices in the tropical South Atlantic*. Tellus.
- KOUSKY, V. E. e FERREIRA, N. J., 1981. *Interdiurnal surface pressure variations in Brazil: Their spatial distributions, origins and effects*. Monthly Weather Review.
- KOUSKY, V. E. e KAGANO, M. T., 1981. *A climatological study of the tropospheric circulation over the Amazon region*. Acta Amazônica.
- KOUSKY, V. E. e ROPELEWSKI, C. H., 1989. *Extremes in the Southern Oscillation and their relationship to precipitation anomalies with emphasis on the South America region*. Revista Brasileira de Meteorologia
- LAMB, P., 1978. *Large-scale tropical Atlantic circulations patterns associated with Subsaharan weather anomalies*. Tellus.
- LEAN, J. e WARRILOW, D. A., 1989. *Simulation of the regional climatic impact of Amazon deforestation*. Nature.
- LEAN, J. e ROWTREE, P. R., 1993. *A GCM simulation of the impact of Amazonian deforestation on climate using an improved canopy representation*. Quarterly Journal of Royal Meteorological Society.
- LEAN, J.; BUTTON, C. B.; NOBRE, C. A.; ROWTREE, P. R., 1996. *The simulated impact of Amazonian deforestation on climate using measured ABRACOS vegetation characteristics*. In: GASH, J. H. C.; NOBRE, C. A.; ROBERTS, J. M.; VICTORIA, R. L. (Eds.). *Amazonian deforestation and climate*. Chichester: John Wiley & Sons.
- LESSA, G. C., 1990. *Hidráulica e Sedimentação do Canal de Itajuru-Laguna de Araruama (RJ)*. Tese de mestrado. Rio de Janeiro: Departamento de Geografia, UFRJ.
- MACHADO, L. A. T.; DESBOIS, M.; DUVEL, J. P., 1992. *Structural characteristics of deep convective systems over tropical Africa and Atlantic Ocean*. Monthly Weather Review.
- MANZI, A. O., 1993. *Introduction d'un schéma des transferts sol-vegetation-atmosphère dans un modèle de circulation générale et application a la simulation de la deforestation Amazonienne*. Tese de doutorado. Toulouse: Universidade Paul Sabatier.
- MARENGO, J. A.; CORNEJO, A. G.; SATYAMURTY, P.; SEA, W. B.; NOBRE, C. A., 1996. *Cold Surges in Tropical and Extra-Tropical South America: The strong event of 1995*. Accept for publication in Monthly Weather Review
- MARQUES, J.; SALATI, E.; SANTOS, J. M., 1980. *Cálculo da evapotranspiração real na Bacia Amazônica através do método aerológico*. Acta Amazônica.
- MARQUES, R. C. C., 1987. *Geomorfologia e Evolução da Região Costeira do Complexo Estuarino Lagunar Mundaú-Manguaba*. Tese de mestrado. Rio de Janeiro: Departamento de Geografia, UFRJ.
- MARQUES FILHO, A. O.; GÓES RIBEIRO, M. N.; FATTORI, A. P.; FISCH, G.; JANUÁRIO, M., 1986. *Evaporação Potencial de Florestas*. Acta Amazônica.
- MARTIN, L. e SUGUIO, K., 1989. *Excursion route along the Brazilian coast between Santos (State of São Paulo) and Campos (North of State of Rio de Janeiro)*. In: *International Symposium on Global Changes in South America during the Quaternary*. Special Publication 2. São Paulo.
- MARTINS, L. R. e VILLWOCK, J. A., 1987. *Eastern South America Quaternary coastal and marine geology: A synthesis*. In: *Quaternary Coastal Geology of West Africa and South America*. INQUA-ASEQUA Symposium. Dakar.
- MATSUYAMA, H., 1992. *The water budget in the Amazon River Basin during the FGGE Period*. Journal of Meteorological Society of Japan.
- MESQUITA, A. R. e HARARI, J., 1983. *Tides and tide gauges of Ubatuba and Cananéia*. Relatório Instituto Oceanográfico. São Paulo: USP.
- MESQUITA, A. R. e LEITE, J. B. A., 1985. *Sobre a variabilidade do nível médio do mar na costa sudeste do Brasil*. In: *I Encontro Regional de Geofísica*. São José dos Campos, 27-29 de novembro.
- MILLER, D. e FRITSCH, J. M., 1991. *Mesoscale convective complexes in the Western Pacific region*. Monthly Weather Review.
- MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, RECURSOS HÍDRICOS E AMAZÔNIA LEGAL, 1998. *Primeiro Relatório Nacional para a Convenção sobre Diversidade Biológica: Brasil*. Brasília.



- MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 1998. *Balço Energético Nacional*. Brasília.
- MOLION, L. C. B., 1975. *Climatonic study of the energy and moisture fluxes of Amazon Basin with consideration of deforestation effects*. Tese de doutorado. Department of Meteorology, University of Winconsin.
- _____, 1987. *Climatologia Dinâmica da região Amazônica: mecanismos de precipitação*. Revista Brasileira de Meteorologia.
- _____, 1993. Amazonia rainfall and its variability. In: *Hydrology and water management in the humid tropics*. In: BONELL, M.; HUFSCHMIDT, M. M.; GLADWELL, J. S. (Eds.). *International Hydrology Series*. Cambridge: Cambridge University Press.
- MRE - MINISTÉRIO DAS RELAÇÕES EXTERIORES, 1995. *Relatório Brasileiro para a Cúpula Mundial para o Desenvolvimento Social*. Brasília.
- MUEHE, D., 1984. Evidências de recuo dos cordões litorâneos em direção ao continente no litoral do Rio de Janeiro. In: DE LACERDA, L. D.; DE ARAÚJO D. S. D.; CERQUEIRA, R. e TURCO, B. (Eds.). *Restingas: Origem, Estrutura, Processos*. Niterói: CEUFF.
- MUEHE, D. e ALBINO, J., 1992. *Erosão e recuperação de um pontal arenoso-Macaé (RJ)*. In: *37 Congresso Brasileiro de Geologia*. São Paulo.
- MUEHE, D. e CARUSO JUNIOR, F., 1989. *Batimetria e algumas considerações sobre a evolução geológica da Lagoa da Conceição, Ilha de Santa Catarina*. Geosul.
- MUEHE, D. e CORREA, C. H. T., 1989. The coastline between Rio de Janeiro and Cabo Frio. In: NEVES, C. F. e MAGOON, O. T. (Eds.). *Coastline of Brazil*. Nova Iorque: American Society of Civil Engineers.
- MUEHE, D. e NEVES, C. F., 1990. Potential impacts of sea level rise on the coast of Brasil. In: TITUS, J. G. (Ed.). *Changing Climate and the Coast*. Washington, D.C.: U.S. Environmental Protection Agency.
- NEVES, C. F. e HANSEN, C. M. P., 1993. *Management and engineering at Araruama Lagoon, Brazil*. Proceedings Coastal Zone 93. Nova Iorque: American Society of Civil Engineers.
- NEVES, C. F. e MUEHE, D., 1994. *Potential impacts of sea-level rise on the Metropolitan Region of Recife, Brazil*. Journal of Coastal Research, Special Issue n. 14.
- NEVES, C. F.; MUEHE, D.; FIALHO, G. O. M., 1991. *Coastal Management and sea level rise in Recife, Brazil*. Proceedings Coastal Zone 91. Nova Iorque: American Society of Civil Engineers.
- NEVES FILHO, S. C., 1992. *Varição da Maré Meteorológica no Litoral Sudeste do Brasil: 1965-1986*. Tese de mestrado. Programa de Engenharia Oceânica, COPPE. Rio de Janeiro: UFRJ.
- NITROUER, C. A.; KUEHL, S. A.; RHINE, J. M.; FIGUEIREDO, A. G.; FARIA, L. E. C.; DIAS, G. T. M.; SILVA, M. A. M.; ALLISON, M. A.; PACIONI, T. D.; SEGALL, M. P.; UNDERKOFFLER, E. C.; BORGES, H. V., 1991. *Sedimentology and stratigraphy of the Amazon continental shelf*. Oceanography.
- NOBRE, C., 1988. *Ainda sobre a Zona de Convergência do Atlântico Sul: A importância do Oceano Atlântico*. Climanálise.
- NOBRE, C., 1991. *Amazonian Deforestation and regional climate change*. Journal of Climate.
- NOBRE, C.; GASH, J. H. C.; ROBERTS, J. M.; VICTORIA, R. L. Conclusões do projeto ABRACOS. In: GASH, J. H. C.; NOBRE, C. A.; ROBERTS, J. M.; VICTORIA, R. L. (Eds.), 1996. *Amazonian deforestation and climate*. Chichester: John Wiley & Sons.
- NOBRE, C.; SHUKLA, J.; SELLERS, P. J., 1989. *Impactos climáticos do desmatamento da Amazônia*. Climanálise - Boletim de Monitoramento e Análise Climática.
- NOU, E. A. V.; BEZERRA, L. M. DE M.; DANTAS, M., 1983. Geomorfologia. In: *Projeto Radam Brasil*. Levantamento de Recursos Naturais v. 30. Aracaju/Recife. Rio de Janeiro: MME.
- NUNES, T. DE A. N.; RAMOS, V. L. DE S.; DILLINGER, A. M. S., 1981. Geomorfologia. In: *Projeto Radam Brasil*. Levantamento de Recursos Naturais v.24. Rio de Janeiro: MME.
- OLTMAN, R. E., 1967. Reconnaissance investigations of the discharge and water quality of the Amazon. In: CNPq (Org.). *Atas do Simpósio sobre Biota Amazônica*. Rio de Janeiro.
- PAEGLE, J., 1987. Interactions between convective and large-scale motions over Amazonia. In: DICKERSON, R. (Ed). *The geophysiology of Amazonia: Vegetation and Climate Interactions*. Wiley Intersciences.
- PAIVA, E. M. C. D. e CLARKE, R. T., 1995. *Time trends in rainfall records in Amazonia*. Bulletin of American Meteorological Society.
- PALMER, C. E., 1951. *On high-level cyclones originating in the tropics*. Transactions of American Geophysics Union.
- PIRAZOLLI, P. A., 1986. *Secular trends of relative sea-level (RSL) changes indicated by tide-gauge records*. Journal of Coastal Research. Special Issue.
- PRATES, M.; GATTO, L. C. S.; COSTA, M. I. P., 1981. *Geomorfologia*. In: *Projeto Radam Brasil*. Levantamento de Recursos Naturais v.23. Jaguaribe/Natal. Rio de Janeiro: MME.
- PROUST, M. T.; LINTIER, M.; BARTHES, B., 1988. *Evolution cotière en Guyane Française: La Zone de Sinnamary*. In: *35º Congresso Brasileiro de Geologia e 7º Congresso Latinoamericano de Geologia*. Abstracts. Belém.
- RAO, V. B. e BONATTI, J. P., 1987. *On the origin of upper tropospheric cyclonic vortices in the South Atlantic ocean and adjoining Brasil during the summer*. Meteorology and Atmospheric Physics.
- RAO, V. B.; HADA, K., 1994. *Annual variation of rainfall over Brazil and atmospheric circulation over South America*. In: *Anais do VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia*.
- ROCHA, E. J. P., 1991. *Balço de Umidade na Amazônia durante o Fluamazon*. Dissertação de mestrado. São Paulo: USP.
- ROCHA, H. R.; NOBRE, C. A.; BARROS, M. C., 1989. *Variabilidade natural de longo prazo no ciclo hidrológico da Amazônia*. Climanálise - Boletim de Monitoramento e Análise Climática.
- ROCHA, S., 1996. *Renda e Pobreza - Os impactos do Plano Real*. IPEA/DIPES
- ROPELEWSKI, C. R.; HALPERT, S., 1987. *Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation*. Monthly Weather Review.
- SADLER, J. C., 1976. *Tropical cyclone initiation by the tropical upper tropospheric trough*. Rep. n. 75-2, Honolulu: Departamento de Meteorologia, University of Hawaii.
- SAKURAGI, J., 1992. *Sondagens TOVS: impacto na análise sinótica entre 18 e 19 de março de 1991 na região Sul e Sudeste do Brasil*. São José dos Campos: INPE.
- SALATI, E.; DALL'OLIO, A.; MATSUI, E.; GAT, J. R., 1979. *Recycling of water in the Amazon basin: an isotopic study*. Water Resource Research.
- SALATI, E. e MARQUES, J., 1984. Climatology of the Amazon region. In: SIOLI, H. (Ed.). *The Amazon - Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin*. Dr. W. Junk Publishers.
- SANT'ANNA, E. M. e WHATELY, M. H., 1981. *Distribuição dos manguezais do Brasil*. Revista Brasileira de Geografia.
- SATYAMURTI, P. e MATTOS, L. F., 1989. *Climatological lower tropospheric frontogenesis in the midlatitudes due to horizontal deformation and divergence*. Monthly Weather Review.
- SERVAIN, J. e LUKAS., 1990. *Climatic Atlas of the Tropical Wind Stress and Sea Surface Temperature 1985-1989*. Institut Français de Recherche pour

l'Exploitation de la Mer.

- SHUTTLEWORTH, W. J.; GASH, J. H. C.; LLOYD, C. R.; MOORE, C. J.; ROBERTS, J. M.; MOLION, L. C. B.; NOBRE, C. A.; SÁ, L. D. A.; MARQUES FILHO, A. O.; FISCH, G.; JANUÁRIO, M.; FATTORI, A. P.; RIBEIRO, M. N. G.; CABRAL, O. M. R., 1987. *Amazonian Evaporation*. Revista Brasileira de Meteorologia.
- SIKKA, D. R. e GADGIL, S., 1985. *On the maximum cloud zone and the ITCZ over indian longitudes during the Southwest monsoon*. Tropical Ocean-Atmosphere Newsletter sv.
- SILVA, G. N., 1992. *Varição do Nível Médio do Mar: Causas, Conseqüências e Metodologia de Análise*. Tese de mestrado. Programa de Engenharia Oceânica, COPPE. Rio de Janeiro: UFRJ.
- SILVA, G. N. e NEVES, C. F., 1991. *Varição do Nível Médio do Mar na Ilha Fiscal entre 1965 e 1986*. In: *Anais IX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos e 5º Simpósio Brasileiro de Hidráulica e Recursos Hídricos*. 11-14 de novembro de 1991. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Recursos Hídricos - ABRH.
- SILVA DIAS, M. A. F.; GRAMMELSBACHER, E., 1991. *A possível ocorrência de tornado em São Paulo no dia 26 de abril de 1991: um estudo de caso*. Revista Brasileira de Meteorologia
- SILVEIRA, J. D., 1964. *Morfologia do litoral*. In: AZEVEDO, A.(Ed.). *Brasil a terra e o homem*. São Paulo: Cia. Editora Nacional.
- SOUZA, R. G., 1997. *Petróleo: história das descobertas e o potencial brasileiro*. Niterói: Ed. Muiraquitã.
- SUGUIO, K. e MARTIN, L., 1976. *Brazilian coastline Quaternary formations -The State of São Paulo and Bahia littoral zone evolutive schemes*. In: *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, (Suplemento).
- _____, 1981. *Progress in research on Quaternary sea-level changes and coastal evolution in Brazil*. In: *Proceedings Symposium on Holocene Sea-Level Fluctuations, Magnitude and Causes*. Dept. Geology, USC
- SUGUIO, K.; MARTIN, L., BITTENCOURT, A. C. S. P.; DOMINGUEZ, J. M. L.; FLEXOR, J. M.; DE AZEVEDO, A. E. G., 1985. *Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário Superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira*. Revista Brasileira de Geociências.
- TOMAZELLI, L. J. e VILLWOCK, A., 1989. *Brasil: evidências de uma provável tendência contemporânea de elevação do nível relativo do mar*. In: *II Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário*. Rio de Janeiro.
- UVO, C. B., 1989. *A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e sua relação com a precipitação da Região Norte do Nordeste Brasileiro*. Dissertação de mestrado.
- VALENTINI, E. e NEVES, C. F., 1993. *Projeto Litoral Rio*. In: *Anais X Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. Gramado.
- VALENTINI, E. e ROSMAN, P. C. C., 1993. *Erosão costeira em Fortaleza*. Revista Brasileira de Engenharia - Caderno de Recursos Hídricos.
- VILLA NOVA, N. A.; SALATI, E.; MATSUI, E., 1976. *Estimativa da evapotranspiração na Bacia Amazônica*. Acta Amazônica.
- VOLONTE, C. R. e NICHOLLS, R. J., 1994. *Sea-level rise and Uruguay: Potential impacts and responses*. Journal of Coastal Research, Special Issue n. 14.
- WARRICK, R. A. e OERLEMANS, H., 1990. *Sea-level rise*. In: HOUGHTON, J. T.; JENKINS, G. J.; EPHRAMUS, J. J.(Eds.). *Climate Change: The IPCC Scientific Assessment*. Cambridge: Cambridge University Press.



SITES CONSULTADOS

- BANCO MUNDIAL. *Site oficial do Banco Mundial*. Disponível em: <<http://www.worldbank.org>>. Acesso em: 04, 05, 06, 21, 22 a 25 jun. 2002.
- BRASIL - República Federativa do Brasil. *Site oficial*. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br>>. Acesso em: 17, 18 e 19 set. 2002.
- CVM - Comissão de Valores Mobiliários. *Site oficial da CVM*. Disponível em: <<http://www.cvm.gov.br>>. Acesso em: 07 a 11 mai. 2002.
- CEMPRE - Compromisso Empresarial para a Reciclagem. *Site oficial do CEMPRE*. Disponível em: <<http://www.cempre.org.br>>. Acesso em: 18 set. 2002.
- CNA - Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. *Site Oficial da CNA*. Disponível em: <<http://www.cna.org.br>>. Acesso em: 06, 07, 08 e 12 nov. 2002.
- DATASUS - Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde. *Site Oficial do Datasus*. Disponível em: <<http://www.datasus.gov.br>>. Acesso em: 30 e 31 jul. 2002.
- DIEESE - Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Sócio-Econômicos. *Site Oficial do Dieese*. Disponível em: <<http://www.dieese.org.br>>. Acesso em: 24, 25 e 26 set. 2002.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United States. *Base de dados estatísticos da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação*. Disponível em: <http://www.fao.org/waicent/portal/statistics_em.asp>. Acesso em: 10, 11, 18 e 19 out. 2002.
- IBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Site Oficial do IBGE*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 28 e 29 mai.; 17, 22, 23 e 24 ago.; 05 a 08 nov. e 10 a 14 dez. 2002.
- IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. *Site Oficial do Ibama*. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br>>. Acesso em: 27 a 31 ago.; 03 a 07 set. 2002.
- IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. *Site Oficial do IPEA*. Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br>>. Acesso em: 20, 21 e 22 ago. 2002.
- INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais. *Site Oficial do INEP*. Disponível em: <<http://www.inep.gov.br>>. Acesso em: 19 dez. 2002.
- MMA - Ministério do Meio Ambiente. *Site Oficial do MMA*. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 21 a 25 mai.; 11 a 13 jun.; 08 a 10 out.; e 27 a 30 nov. 2002.
- MME - Ministério das Minas e Energia. *Site Oficial do MME*. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em: 23 a 25 jul.; 13 ago.; 05 a 09 nov. 2002.
- MS - Ministério da Saúde. *Site Oficial do MS*. Disponível em: <<http://www.saude.gov.br>>. Acesso em: 18 e 19 ago. 2002.
- MT - Ministério dos Transportes. *Site Oficial do MT*. Disponível em: <<http://www.transportes.gov.br>>. Acesso em: 19 dez. 2002.

Inventário de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa não Controlados pelo Protocolo de Montreal

Comunicação Inicial do Brasil

Parte II



*"Cantar uma sabiá
Vou voltar
Sei que ainda vou voltar
Vou deitar à sombra de uma palmeira que já não há
Colher a flor que já não dá"*



1 - Introdução	81
1.1 - Gases de efeito estufa	81
1.2 - Setores inventariados	81
1.2.1 - Setor energia	81
1.2.2 - Setor processos industriais	82
1.2.3 - Setor uso de solventes e outros produtos	83
1.2.4 - Setor agropecuária	83
1.2.5 - Setor mudança no uso da terra e florestas	83
1.2.6 - Setor tratamento de resíduos	84
2 - Sumário das Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa por Gás	85
2.1 - Emissões de dióxido de carbono	85
2.2 - Emissões de metano	86
2.3 - Emissões de óxido nitroso	88
2.4 - Emissões de hidrofluorcarbonos, perfluorcarbonos e hexafluoreto de enxofre	90
2.5 - Gases de efeito estufa indireto	91
3 - Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa por Setor	97
3.1 - Energia	97
3.1.1 - Características da matriz energética brasileira	97
3.1.2 - Emissões por queima de combustíveis	98
3.1.3 - Emissões fugitivas	112
3.2 - Processos Industriais	117
3.2.1 - Produtos minerais	117
3.2.2 - Indústria química	118
3.2.3 - Indústria metalúrgica	120
3.2.4 - Indústria de papel e celulose	122
3.2.5 - Alimentos e bebidas	123
3.2.6 - Emissões relacionadas à produção de hidrofluorcarbonos	124
3.2.7 - Emissões relacionadas ao consumo de hidrofluorcarbonos	124
3.2.8 - Emissões relacionadas ao consumo de hexafluoreto de enxofre	124
3.3 - Uso de solventes e outros produtos	127
3.3.1 - Aplicação em tintas	127
3.3.2 - Desengraxe de metais	128
3.3.3 - Limpeza a seco	128
3.3.4 - Processamento de espumas de poliestireno	129
3.3.5 - Indústria de impressão	129



Sumário

Parte II

3.3.6 - Extração de óleos vegetais comestíveis	129
3.3.7 - Uso doméstico	129
3.4 - Agropecuária	133
3.4.1 - Pecuária	133
3.4.2 - Cultivo de arroz	136
3.4.3 - Queima de resíduos agrícolas	137
3.4.4 - Emissões de N ₂ O provenientes de solos agrícolas	138
3.4.5 - Queima prescrita de cerrado	139
3.5 - Mudanças no uso da terra e florestas	143
3.5.1 - Mudanças nos estoques de florestas plantadas	143
3.5.2 - Conversão de florestas e abandono de terras manejadas	144
3.5.3 - Emissões e remoções de CO ₂ pelos solos	149
3.5.4 - Emissões de dióxido de carbono e metano pelos reservatórios hidrelétricos brasileiros	152
3.6 - Tratamento de resíduos	157
3.6.1 - Disposição de resíduos sólidos	157
3.6.2 - Tratamento de esgotos	157
4 - Incerteza das Estimativas	159
4.1 - Incerteza das estimativas de emissões e remoções de CO₂	159
4.2 - Incerteza das estimativas de emissões de CH₄	159
4.3 - Incerteza das estimativas de emissões de N₂O	160
Referências Bibliográficas	161



1 INTRODUÇÃO

Como país signatário da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima - CQNUMC, doravante referenciada como Convenção, o Brasil tem como uma de suas principais obrigações a elaboração e atualização periódica do Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa não Controlados pelo Protocolo de Montreal, doravante referenciado como Inventário.

A elaboração do presente Inventário segue as Diretrizes para a Elaboração das Comunicações Nacionais das Partes não Incluídas no Anexo I da Convenção, estabelecidas na decisão 10/CP.2 da Segunda Conferência das Partes da Convenção, realizada em Genebra em julho de 1996.

Em atenção a essas Diretrizes, o presente Inventário é apresentado para o ano base de 1994. Adicionalmente são também apresentados os valores referentes aos anos de 1990 a 1993.

Como diretriz técnica básica foi utilizado o documento *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* elaborado pelo Painel Intergovernamental de Mudança do Clima - IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) em 1995. Sempre que possível, foi utilizado o documento *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories* publicado em 1997. Algumas das estimativas já levam em conta informações publicadas no documento "Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories".

A metodologia do IPCC tem como referência pesquisas realizadas e metodologias elaboradas, em sua maioria, 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 o Brasil, como a agricultura e a mudança no uso da terra e florestas, não são tratados com a profundidade necessária na metodologia do IPCC. Nesses setores, os fatores de emissão *default* ou até mesmo a própria metodologia devem ser utilizados com cautela, uma vez que não refletem, necessariamente, a realidade brasileira. Entretanto, em muitos casos, não existe pesquisa no Brasil que permita avaliar os valores sugeridos ou a própria metodologia proposta. Onde existem pesquisas, foram encontrados, em alguns casos, valores significativamente discrepantes.

A ausência de informações básicas requeridas pela metodologia do IPCC foi o maior obstáculo encontrado neste levantamento, pois para muitas informações não existem dados estatísticos confiáveis, como é o caso, por exemplo, dos dados de frota de veículos. Em alguns casos, mesmo já existindo alguma informação, o fato de ela ter sido obtida para outro fim implica na necessidade de uma adaptação, com conseqüente aumento da incerteza dos resultados.

Mesmo com as limitações impostas pelos insuficientes recursos financeiros e pela indisponibilidade de informação, buscou-se que o trabalho fosse o mais completo possível, incluindo a realização de estudos pioneiros, como, por exemplo, os relacionados às emissões de gases de efeito estufa pela conversão de florestas em terras para usos agrícolas, pelos reservatórios de hidrelétricas e pela queima prescrita do cerrado.

1.1 Gases de Efeito Estufa

O clima na Terra é regulado pelo fluxo constante de energia solar que atravessa a atmosfera na forma de luz visível. Parte dessa energia é devolvida pela Terra na forma de radiação infravermelha. Os gases de efeito estufa são gases presentes

na atmosfera terrestre que têm a propriedade de bloquear parte dessa radiação infravermelha. Muitos deles, como vapor d'água, dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) e ozônio (O₃), existem naturalmente na atmosfera e são essenciais para a manutenção da vida no planeta, pois sem eles a Terra seria, em média, cerca de 30°C mais fria.

Como consequência das atividades humanas (antrópicas) na biosfera, o nível de concentração de alguns desses gases, como CO₂, CH₄ e N₂O, vem aumentando na atmosfera. Além disso, passou a ocorrer a emissão de outros gases de efeito estufa, compostos químicos produzidos somente pelo homem, tais como clorofluorcarbonos (CFC), hidrofluorcarbonos (HFC), hidrofluorclorocarbonos (HCFC), perfluorcarbonos (PFC) e hexafluoreto de enxofre (SF₆).

Como determina a Convenção, o Inventário deve incluir apenas as emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa. Da mesma forma, não deve incluir os gases CFC e os HCFC, que destroem a camada de ozônio e cujas emissões já são controladas pelo Protocolo de Montreal.

Os gases de efeito estufa cujas emissões e remoções antrópicas foram estimadas no presente Inventário são CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC e SF₆. Alguns outros gases, como monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO_x) e outros compostos orgânicos voláteis não metânicos (NMVOC), mesmo não sendo gases de efeito estufa direto, possuem influência nas reações químicas que ocorrem na atmosfera. Informações sobre as emissões antrópicas desses gases são também incluídas quando disponíveis.

1.2 Setores Inventariados

Emissões antrópicas de gases de efeito estufa ocorrem em diversos setores de atividade. O presente Inventário está organizado segundo a estrutura sugerida pelo IPCC, cobrindo os seguintes setores: energia; processos industriais; uso de solventes e outros produtos; agropecuária; mudança no uso da terra e florestas; e tratamento de resíduos.

Remoções antrópicas de gases de efeito estufa ocorrem no setor Mudança do Uso da Terra e Florestas como resultado de atividades de reflorestamento e por abandono de terras manejadas.

1.2.1 Setor Energia

São estimadas nesse setor todas as emissões antrópicas devidas à produção, à transformação e ao consumo de energia. Inclui tanto as emissões resultantes da queima de combustíveis quanto as emissões resultantes de fugas na cadeia de produção, transformação, distribuição e consumo.

1.2.1.1 Queima de Combustíveis

Nesse setor estão incluídas as emissões de CO₂ por oxidação do carbono contido nos combustíveis durante a sua queima, seja para geração de outras formas de energia, como eletricidade, seja no consumo final. São contabilizadas também as emissões de outros gases de efeito estufa durante o processo de combustão (CH₄, N₂O, CO, NO_x e NMVOC).

No caso dos combustíveis de biomassa (lenha, carvão vegetal, álcool, bagaço), as emissões de CO₂ não são incluídas aqui. Os combustíveis de origem renovável não geram emissões líquidas e as emissões associadas à parcela não renovável são incluídas no setor Mudança do Uso da Terra e Florestas.

Em função da informação básica disponível, as emissões são apresentadas seguindo a estrutura definida no Balanço Energético Nacional - BEN, semelhante, mas não idêntica, à estrutura sugerida pelo IPCC.

1.2.1.2 Emissões Fugitivas

Nesse setor são incluídas as emissões de gases de efeito estufa durante o processo de mineração, estocagem, processamento e transporte de carvão mineral e durante o processo de extração, transporte e processamento de petróleo e gás natural.

As emissões associadas ao carvão mineral incluem a emissão de CH_4 durante o processo de mineração e beneficiamento e a emissão de CO_2 por combustão espontânea nas pilhas de rejeito.

As emissões associadas ao petróleo e ao gás natural incluem as fugas de CH_4 durante a extração de petróleo e gás natural (*venting*), durante o transporte e distribuição em dutos e navios e durante seu processamento nas refinarias. São também consideradas as emissões de CO_2 por combustão não útil (*flaring*) nas plataformas de extração de petróleo e gás natural e nas unidades de refinaria.

As emissões de CO_2 mencionadas acima são incluídas como emissões fugitivas, mesmo sendo formalmente resultado de combustão, por estarem associadas a uma perda e não ao consumo útil do combustível.

1.2.2 Setor Processos Industriais

São estimadas nesse setor as emissões antrópicas resultantes dos processos produtivos nas indústrias e que não são resultado da queima de combustíveis, pois essas últimas são relatadas no setor Energia.

Foram considerados os subsetores de produtos minerais, química, metalurgia, papel e celulose, alimentos e bebidas, e produção e utilização de HFC e SF_6 .

1.2.2.1 Produtos Minerais

Nesse setor são incluídas as emissões que ocorrem na produção de cimento e na produção da cal, bem como as emissões resultantes da produção e consumo de barrilha.

Na produção de cimento ocorrem emissões de CO_2 pela calcinação de calcário (CaCO_3) durante a produção de clínquer. Na produção de cal, o calcário e a dolomita ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$) são calcinados, produzindo também CO_2 . Em outras indústrias também ocorrem emissões de CO_2 por calcinação de calcário, porém em menor quantidade, não tendo sido estimadas neste Inventário por indisponibilidade de informação.

Na produção de barrilha (Na_2CO_3) podem ocorrer emissões de CO_2 , dependendo do processo produtivo. Esse não é o caso do processo sintético utilizado no Brasil. Por outro lado, durante o consumo de barrilha em outras indústrias, como a indústria do vidro, ocorre a emissão de CO_2 .

1.2.2.2 Indústria Química

Neste setor foram inventariadas em destaque as emissões de CO_2 resultantes da produção de amônia, as emissões de N_2O e NO_x que ocorrem durante a produção de ácido nítrico, e as emissões de N_2O , CO e NO_x resultantes da produção de ácido adípico.

Durante a produção de outros produtos químicos, pode ocorrer, também, a emissão de gases de efeito estufa, com

destaque para a emissão de NMVOC na indústria petroquímica.

1.2.2.3 Indústria Metalúrgica

Esse setor inclui a indústria siderúrgica e a indústria de ferroligas, onde ocorrem emissões de CO_2 no processo de redução do minério de ferro, e a indústria do alumínio onde ocorrem emissões de PFC, CO_2 , CO e NO_x .

Na indústria siderúrgica e na indústria de ferroligas ocorre a emissão de CO_2 quando o carbono contido no agente redutor combina com o oxigênio dos óxidos metálicos. Os mesmos agentes redutores, como o coque de carvão mineral, são também utilizados como combustível para geração de energia. Em função da não disponibilidade de informação, não foi possível separar as parcelas utilizadas para cada finalidade. Assim, as emissões associadas ao processo produtivo (redução) foram relatadas junto com as emissões resultantes da combustão no setor Energia.

Na indústria de alumínio, ocorrem emissões de CO_2 durante o processo de eletrólise, quando o oxigênio do óxido de alumínio reage com o carbono do ânodo. Durante o mesmo processo, se o nível de óxido de alumínio na cuba de produção ficar muito baixo, pode ocorrer um rápido aumento de voltagem (efeito anódico). Nesse caso, o fluoreto contido na solução eletrolítica reage com o carbono do ânodo produzindo perfluorcarbonos (CF_4 e C_2F_6), que são gases de efeito estufa de longo tempo de permanência na atmosfera. Dependendo da tecnologia empregada, podem ocorrer, também emissões de CO e NO_x .

1.2.2.4 Produção e utilização de HFC e SF_6

Os gases HFC foram desenvolvidos nos anos 80 e 90 como substâncias alternativas a CFC e HCFC. O uso desses gases está sendo eliminado por serem substâncias que destroem a camada de ozônio. Os gases HFC não contêm cloro e, por esse motivo, não afetam a camada de ozônio. No entanto, são gases de efeito estufa.

Durante a produção e utilização de HFC podem ocorrer emissões fugitivas. Também durante o processo produtivo de HCFC pode ocorrer produção secundária de HFC e sua consequente emissão.

O SF_6 , outro gás de efeito estufa produzido apenas antropicamente, tem excelentes características para utilização em equipamentos elétricos de alta capacidade e desempenho. O Brasil não é produtor desse gás. Assim sendo, as emissões informadas devem-se apenas a vazamentos nos equipamentos instalados no país.

1.2.2.5 Outras Indústrias

O setor de Papel e Celulose gera emissões durante o tratamento químico a que é submetida a polpa da madeira no processo fabril. Essas emissões dependem do tipo de matéria prima utilizada e da qualidade do produto a que se quer chegar.

No Brasil utiliza-se principalmente o eucalipto como fonte de celulose, com o predomínio do processo do tipo sulfato, ocorrendo emissões de CO , NO_x e NMVOC, as quais foram estimadas neste Inventário.

No setor Alimentos e Bebidas, ocorrem emissões de NMVOC em muitos processos de transformação a partir de produtos primários, como a produção de açúcar, ração animal e cerveja. As emissões foram estimadas com base nos dados nacionais de produção, adotando-se fatores de emissão *default*. Os processos de extração de óleos vegetais são tratados no setor Uso de Solventes e Outros Produtos.



1.2.3 Setor Uso de Solventes e Outros Produtos

O uso de solventes, de um modo geral, favorece a sua evaporação, o que configura emissões de NMVOC. Este Inventário procurou identificar os setores mais expressivos em aplicação de solventes, apesar do alto grau de incerteza dessas estimativas.

Foram analisadas as seguintes atividades: aplicação em tintas, desengraxe de metais, limpeza a seco, processamento de espumas, indústria de impressão, extração de óleos vegetais comestíveis e uso doméstico.

1.2.4 Setor Agropecuária

A agricultura e a pecuária são atividades econômicas de grande importância no Brasil. Devido à grande extensão de terras agricultáveis e disponíveis para pastagem, o país ocupa também um lugar de destaque no mundo quanto à produção desse setor.

São vários os processos que resultam em emissões de gases de efeito estufa, descritos a seguir.

1.2.4.1 Fermentação Entérica

A fermentação entérica dos animais ruminantes herbívoros, que faz parte da sua digestão, é uma das maiores fontes de emissão de CH_4 no país. A intensidade desse processo depende de diversos fatores, como o tipo de animal, seu alimento, a intensidade de sua atividade física e das diversas práticas de criação. Dentre os diversos tipos de animais, destacam-se as emissões devidas ao rebanho bovino, que é o segundo maior no mundo.

1.2.4.2 Manejo de Dejetos de Animais

Os sistemas de manejo de dejetos de animais podem causar emissões de CH_4 e N_2O . A decomposição anaeróbia produz CH_4 , principalmente quando os dejetos são estocados de forma líquida.

1.2.4.3 Cultivo de Arroz

O arroz, quando cultivado em campos inundados ou em áreas de várzea, é uma importante fonte de emissão de CH_4 . Isso ocorre em razão da decomposição anaeróbia de matéria orgânica presente na água. No Brasil, porém, a maior parte do arroz é produzida em áreas não inundadas, reduzindo a importância do setor nas emissões totais de CH_4 .

1.2.4.4 Queima de Resíduos Agrícolas

A queima de resíduos agrícolas, imperfeita por ser feita naturalmente no campo, produz emissões de CH_4 , N_2O , NO_x , CO e NMVOC. O CO_2 emitido não é considerado como uma emissão líquida, pois, por meio da fotossíntese, a mesma quantidade foi necessariamente absorvida durante o crescimento das plantas.

No Brasil, a prática de queima de resíduos agrícolas ocorre principalmente nas culturas de cana-de-açúcar e de algodão.

1.2.4.5 Emissões de N_2O provenientes de Solos Agrícolas

A emissão de N_2O em solos agrícolas decorre da aplicação de fertilizantes nitrogenados, tanto de origem sintética quanto animal, e da deposição de dejetos de animais em pastagem. Esse último processo não é considerado aplicação de fertilizante, já que não é intencional, porém, é o mais importante no Brasil devido à predominância da pecuária extensiva.

Os resíduos vegetais deixados no campo, fonte de nitrogênio, e o processo de fixação biológica desse elemento que ocorre na cultura da soja, também são fontes de emissão de N_2O .

Ainda dentro deste setor enquadra-se o cultivo de solos orgânicos, que aumenta a mineralização da matéria orgânica e libera N_2O .

1.2.4.6 Queima Prescrita de Cerrados

Áreas de cerrado nativo queimam durante a estação seca, por motivos diversos, incluindo a influência antrópica. Da mesma forma que na queima de resíduos agrícolas, essa combustão é imperfeita, gerando, também, emissões de gases de efeito estufa. As emissões de CO_2 não são consideradas devido ao fato das áreas queimadas regenerarem-se na estação úmida. Neste Inventário, apresenta-se uma metodologia para estimar emissões resultantes da queima prescrita de cerrados. Entretanto, por indisponibilidade de dados para o período abrangido neste Inventário, estimativas de emissões de gases não- CO_2 não foram incluídas neste Inventário.

1.2.5 Setor Mudança no Uso da Terra e Florestas

1.2.5.1 Mudanças nos Estoques de Biomassa em Florestas e em outras Formações Lenhosas

Neste setor são analisadas as emissões e remoções de CO_2 por mudança da quantidade de biomassa estocada em florestas plantadas no país. Neste Inventário foram consideradas apenas as florestas plantadas com fins econômicos e destinadas a suprir a indústria de celulose e papel e a indústria siderúrgica. Por falta de informações disponíveis, florestas plantadas para outras finalidades não foram consideradas.

As mudanças nos estoques de carbono em florestas nativas, não resultantes de atividades de mudança no uso da terra, não foram contabilizadas neste Inventário, apesar de resultados preliminares na literatura científica apontarem para uma remoção de CO_2 na atmosfera, em particular na floresta amazônica, o grande reservatório de carbono em floresta no Brasil. Esta não inclusão deve-se ao fato de essas remoções não serem consideradas de natureza antrópica, ainda que muitas áreas ocupadas pela floresta amazônica sejam consideradas manejadas. Esse procedimento é consistente com a definição de mudança de clima para efeitos da Convenção. Segundo a Convenção, no seu artigo 1º, parágrafo 2º, "mudança do clima significa uma mudança de clima que possa ser direta ou indiretamente atribuída à atividade humana que altere a composição da atmosfera mundial e que some àquela provocada pela variabilidade climática natural observada ao longo de períodos compatíveis". Outras mudanças de estoque correspondem aos fluxos de carbono da atmosfera para a biosfera. Tais fluxos, tanto para a biosfera terrestre quanto para os oceanos, são indiretamente influenciados pela ação do Homem (global), pois tais fluxos aumentam como resultado do aumento da concentração de CO_2 na atmosfera (fertilização por CO_2), bem como pela deposição de nitrogênio. A metodologia utilizada com a análise objetiva da mudança do uso da terra é melhor e prescinde da simples declaração de se uma área é manejada ou não.

Entretanto, ressalta-se que as emissões resultantes da atividade de desflorestamento, com conversão ou não da área para outros usos e a regeneração de florestas por abandono de terras manejadas são contabilizadas no item a seguir.

1.2.5.2 Conversão de Florestas e Campos e Abandono de Terras Manejadas

A conversão de áreas de vegetação nativa para outros fins resulta na diminuição do carbono estocado na biosfera terrestre com conseqüente emissão de CO₂ ao longo do tempo. A metodologia do IPCC estabelece, porém, que essa mudança no estoque de carbono deve ser contabilizada como emissão de CO₂ no ano da conversão.

É estimada também a remoção de CO₂ devida à regeneração de áreas de vegetação nativa por abandono de terras manejadas. Incluem-se, também, neste Inventário, as remoções de áreas desflorestadas abandonadas após o corte, mesmo não tendo ocorrido a conversão para outros usos.

São contabilizadas também as emissões de outros gases de efeito estufa pela queima de biomassa nas áreas de conversão (CH₄, N₂O, CO e NO_x).

1.2.5.3 Mudança do Carbono nos Solos por Mudança no Uso da Terra, Calagem e Uso de Solos Orgânicos na Agricultura

As mudanças no uso da terra, sobretudo quando florestas nativas são transformadas em áreas agrícolas ou de pastagens e vice-versa, causam mudança no conteúdo de carbono nos solos. Essa alteração depende do tipo de uso e das práticas de manejo de solo utilizadas. A essa mudança no estoque de carbono são associadas emissões e remoções de CO₂.

A aplicação de calcário em solos agrícolas para combater sua acidez e melhorar a fertilidade ocasiona, também, emissão de CO₂.

A conversão de solos orgânicos para agricultura é normalmente acompanhada por drenagem artificial, cultivo e calagem, resultando em rápida oxidação de matéria orgânica e estabilização do solo e conseqüente emissão de CO₂.

1.2.5.4 Reservatórios Hidrelétricos

A construção de reservatórios estabelece um ambiente onde ocorre a decomposição anaeróbia de biomassa com conseqüente emissão de CH₄. A importância dessa fonte é ainda de difícil avaliação por inexistência de pesquisa significativa sobre o assunto. O IPCC, inclusive, não dispõe de metodologia para estimativa dessas emissões.

Com intuito de aumentar o conhecimento nesta área, desenvolveu-se pesquisa pioneira, com medição de emissões em vários reservatórios. As emissões ocorrem tanto por ebulição quanto por difusão molecular. Foram feitas também medições de emissões de CO₂, embora essas emissões já sejam contabilizadas no item conversão de florestas.

A grande variabilidade dos resultados observados não permitiu, entretanto, que estimativas de emissão de CH₄ fossem incorporadas a este Inventário.

1.2.6 Setor Tratamento de Resíduos

1.2.6.1 Disposição de Resíduos Sólidos

A disposição de resíduos sólidos propicia condições anaeróbias que geram CH₄. O potencial de emissão de CH₄ aumenta quanto melhor forem as condições de controle dos aterros e maior a profundidade dos lixões. Já a incineração de lixo, como toda combustão, gera emissões de vários

gases de efeito estufa, mas essa atividade é bastante reduzida no Brasil.

1.2.6.2 Tratamento de Esgotos

Efluentes com um alto grau de conteúdo orgânico têm um grande potencial de emissões de CH₄, em especial o esgoto doméstico e comercial, os efluentes da indústria de alimentos e bebidas e os da indústria de papel e celulose. As demais indústrias também contribuem para essas emissões, porém em menor grau.

No caso dos esgotos domésticos, em função do conteúdo de nitrogênio na alimentação humana, ocorrem, ainda, emissões de N₂O.



2 SUMÁRIO DAS EMISSÕES E REMOÇÕES ANTRÓPICAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA POR GÁS

No ano de 1994, as emissões antrópicas líquidas de gases de efeito estufa foram estimadas em 1.030 Tg CO₂; 13,2 Tg CH₄; 550 Gg N₂O; 0,345 Gg CF₄; 0,035 Gg C₂F₆; 0,0018 Gg SF₆; 0,16 Gg HFC-23 e 0,12 Gg HFC-134a. Entre 1990 e 1994, as emissões totais de CO₂, CH₄ e N₂O aumentaram em 5%, 6% e 12%, respectivamente. As emissões de gases com efeitos indiretos sobre a mudança do clima foram também avaliadas. No ano de 1994, essas emissões foram estimadas em 2,3 Tg NO_x; 31,4 Tg CO; e 2,47 Tg NMVOC.

2.1 Emissões de Dióxido de Carbono

As emissões de CO₂ resultam de diversas atividades. Nos países desenvolvidos, a principal fonte de emissão é o uso energético de combustíveis fósseis. Outras fontes de emissão importantes nesses países são os processos industriais de produção de cimento, cal, barrilha, amônia e alumínio, bem como a incineração de lixo.

Diferentemente dos países industrializados, no Brasil a maior parcela das emissões líquidas estimadas de CO₂ é proveniente da mudança no uso da terra, em particular da conversão de florestas para uso agropecuário. Em função da elevada participação de energia renovável na matriz energética brasileira, pela geração de eletricidade a partir de hidrelétricas, pelo uso de álcool no transporte e bagaço de cana-de-açúcar e carvão vegetal na indústria, a parcela das emissões de CO₂ pelo uso de combustíveis fósseis no Brasil é relativamente pequena. Além disso, deve-se observar que o consumo energético brasileiro é ainda modesto, quando comparado aos países industrializados.

A Tabela 2.1.1 e as Figuras 2.1 e 2.2 sumarizam as emissões e remoções de CO₂ no Brasil, por setor.

O setor Energia engloba as emissões por queima de combustíveis fósseis e emissões fugitivas. As emissões fugitivas incluem a queima de gás nas tochas de plataformas e refinarias, e a combustão espontânea de carvão em depósitos e pilhas de rejeito. É preciso registrar que, por não ter sido possível fazer a separação, as emissões de CO₂ devidas ao processo de redução nas usinas siderúrgicas foram agregadas às emissões por combustão e consideradas no setor Energia. As

emissões de CO₂ do setor Energia representaram em 1994 23% das emissões totais de CO₂, tendo aumentado 16% em relação às emissões de 1990. Somente o subsetor Transportes foi responsável por 40% das emissões de CO₂ do setor Energia em 1994 e 9% do total de emissões de CO₂.

Excetuando as usinas siderúrgicas, as emissões devidas a processos industriais representaram apenas 1,6% das emissões totais, com a produção de cimento e cal constituindo a maior parcela (80%). No período de 1990 a 1994, as emissões devidas a processos industriais não variaram significativamente.

O setor de Mudança no Uso da Terra e Florestas foi responsável pela maior parcela das emissões de CO₂ (75%). A conversão de florestas para outros usos, em particular o agrícola, consistiu na maior parcela da emissão total de CO₂, tendo sido também incluídas as remoções de CO₂ pela regeneração de áreas abandonadas e a mudança no estoque de carbono nos solos.

Tabela 2.1.1 - Emissões e remoções de CO₂

Setor	1990	1994	Part. 1994	Varição 90/94
	(Gg)		(%)	
Energia	203.353	236.505	23,0	16
Queima de Combustíveis Fósseis	197.972	231.408	22,5	17
Subsetor Energético	22.914	25.602	2,5	12
Subsetor Industrial	61.260	74.066	7,2	21
Indústria Siderúrgica	28.744	37.887	3,7	32
Indústria Química	8.552	9.038	0,9	6
Outras Indústrias	23.964	27.141	2,6	13
Subsetor Transporte	82.020	94.324	9,2	15
Transporte Aéreo	5.818	6.204	0,6	7
Transporte Rodoviário	71.150	83.302	8,1	17
Outros Meios de Transporte	5.051	4.818	0,5	- 5
Subsetor Residencial	13.750	15.176	1,5	10
Subsetor Agricultura	9.998	12.516	1,2	25
Outros Setores	8.030	9.723	0,9	21
Emissões Fugitivas	5.381	5.096	0,5	- 5
Mineração de Carvão	1.653	1.355	0,1	- 18
Extração e Transporte de Petróleo e Gás Natural	3.728	3.741	0,4	0
Processos Industriais	16.949	16.870	1,6	- 0
Produção de Cimento	10.220	9.340	0,9	- 9
Produção de Cal	3.740	4.150	0,4	11
Produção de Amônia	1.297	1.301	0,1	0
Produção de Alumínio	1.510	1.892	0,2	25
Outras Indústrias	182	187	0,0	3
Mudança no Uso da Terra e Florestas	758.281	776.331	75,4	2
Mudança nos Estoques de Biomassa em Florestas e em Outras Formações Lenhosas	- 45.051	- 46.885	- 4,6	- 4
Conversão de Florestas para Outros Usos	882.477	951.873	92,4	8
Abandono de Terras Cultivadas	-189.378	- 204.270	- 19,8	- 8
Emissões e Remoções pelos Solos	110.233	75.613	7,5	- 31
TOTAL	978.583	1.029.706	100,0	5

Figura 2.1 - Emissões de CO₂ por Setor - 1990

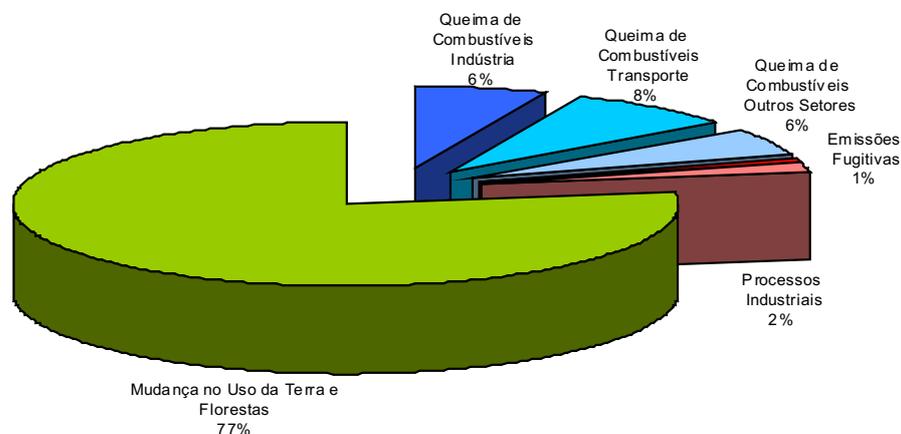
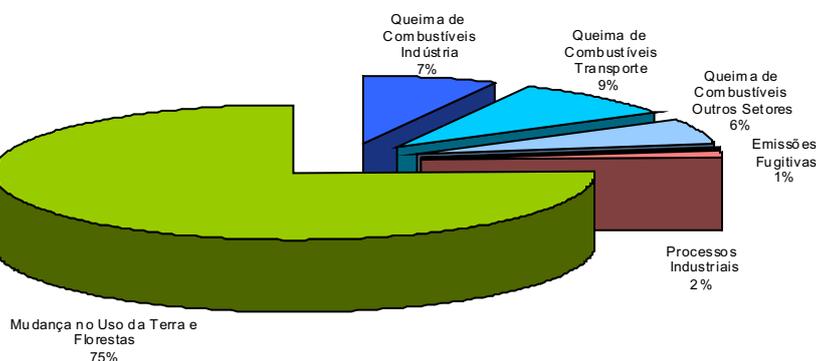


Figura 2.2 - Emissões de CO₂ por setor - 1994



2.2 Emissões de Metano

Emissões de CH₄ resultam de diversas atividades, incluindo aterros sanitários, tratamento de esgotos, sistemas de produção e processamento de petróleo e gás natural, atividades agrícolas, mineração de carvão, queima de combustíveis fósseis, conversão de florestas para outros usos e alguns processos industriais.

No Brasil, o setor Agropecuária é o maior responsável pelas emissões de CH₄ (77% em 1994), sendo a principal emissão decorrente da fermentação entérica (eructação) do rebanho de ruminantes, quase toda referente ao gado bovino, o segundo maior rebanho do mundo. As emissões anuais de CH₄ associadas à fermentação entérica foram estimadas em 9,4 Tg, 92% do total de emissões de CH₄ do setor Agropecuária. Os 8% restantes resultaram do manejo de dejetos de animais, da cultura do arroz irrigado e da queima de resíduos agrícolas. As emissões do setor aumentaram 7% no período de 1990 a 1994, devido, predominantemente, ao aumento do rebanho de gado de corte.

No setor Energia, as emissões de CH₄ ocorrem devido à queima imperfeita de combustíveis e também em fuga de CH₄ durante os processos de produção e transporte de gás natural e mineração de carvão. As emissões de CH₄ do setor Energia representaram, em 1994, 3% das emissões totais de CH₄, tendo diminuído 9% em relação às emissões de 1990.

No setor Processos Industriais, as emissões de CH₄ ocorrem durante a produção de petroquímicos, mas têm pequena participação nas emissões brasileiras.

As emissões do setor Tratamento de Resíduos representaram 6% do total das emissões de CH₄ em 1994, sendo a disposição de resíduos sólidos responsável por 84% desse valor. No período 1990 a 1994, as emissões de CH₄ do setor Tratamento de Resíduos aumentaram 9%.

No setor Mudança no Uso da Terra e Florestas as emissões de CH₄ ocorrem pela queima da biomassa nas áreas de desflorestamento. Essas emissões representaram 14% do total de emissões de CH₄ em 1994.



A Tabela 2.2.1 e as Figuras 2.3 e 2.4 sumarizam as emissões de CH₄.

Tabela 2.2.1 - Emissões de CH₄

Setor	1990	1994	Part. 1994	Variação 90/94
	(Gg)		(%)	
Energia	439	401	3,0	- 9
Queima de Combustíveis	332	293	2,2	- 12
Subsetor Energético	172	150	1,1	- 13
Subsetor Industrial	58	55	0,4	- 4
Indústria Siderúrgica	40	37	0,3	- 8
Outras Indústrias	18	19	0,1	5
Subsetor Transporte (Rodoviário)	10	9	0,1	- 5
Subsetor Residencial	77	65	0,5	- 16
Outros Setores	15	13	0,1	- 15
Emissões Fugitivas	107	108	0,8	1
Mineração de Carvão	59	53	0,4	- 10
Extração e Transporte de Petróleo e Gás Natural	47	54	0,4	15
Processos Industriais (Indústria Química)	3	3	0,0	8
Agropecuária	9.506	10.161	77,1	7
Fermentação Entérica	8.807	9.377	71,2	6
Gado Bovino	8.391	8.962	68,0	7
Gado de Leite	1.200	1.257	9,5	5
Gado de Corte	7.191	7.705	58,5	7
Outros Animais	416	415	3,2	-
Manejo de Dejetos de Animais	338	368	2,8	9
Gado Bovino	242	259	2,0	7
Gado de Leite	59	61	0,5	3
Gado de Corte	183	198	1,5	8
Aves	48	61	0,5	27
Outros Animais	48	48	0,4	1
Cultura de Arroz	240	283	2,1	18
Queima de Resíduos Agrícolas	121	133	1,0	10
Mudança no Uso da Terra e Florestas	1.615	1.805	13,7	12
Tratamento de Resíduos	737	803	6,1	9
Lixo	618	677	5,1	10
Esgoto	119	126	1,0	6
Industrial	79	83	0,6	5
Doméstico	39	43	0,3	10
TOTAL	12.299	13.173	100,0	7

Figura 2.3 - Emissões de CH₄ por setor - 1990

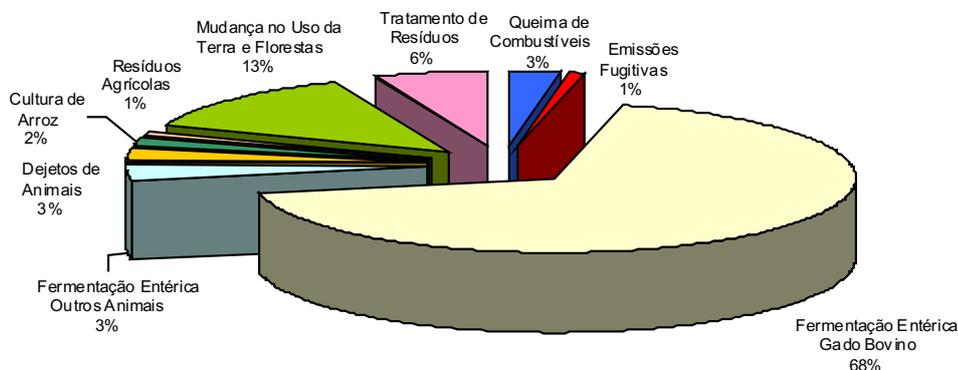
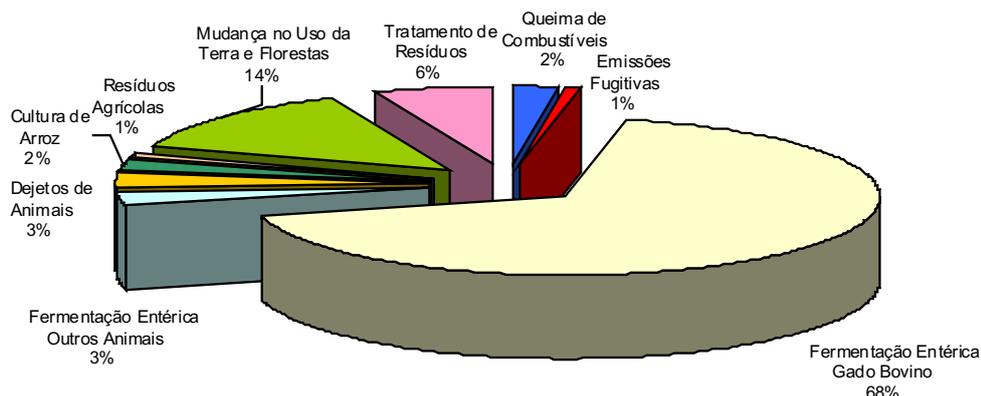


Figura 2.4 - Emissões de CH₄ por setor - 1994



2.3 Emissões de Óxido Nitroso

Emissões de N₂O resultam de diversas atividades, incluindo práticas agrícolas, processos industriais, queima de combustíveis fósseis e conversão de florestas para outros usos.

No Brasil, as emissões de N₂O, ocorrem, predominantemente, no setor Agropecuária (92% em 1994), seja por deposição de dejetos de animais em pastagem, seja, em menor escala, pela aplicação de fertilizantes em solos agrícolas. As emissões de N₂O no setor cresceram 12% entre 1990 e 1994.

As emissões de N₂O no setor Energia representaram apenas 1,6% das emissões totais de N₂O em 1994, sendo devidas à queima imperfeita de combustíveis.

No setor Processos Industriais, emissões de N₂O ocorrem durante a produção de ácido nítrico e ácido adípico, mas representaram apenas 2,5% das emissões totais de N₂O em 1994.

No setor Tratamento de Resíduos, as emissões de N₂O ocorrem durante o processo de tratamento de esgoto

doméstico, mas sua contribuição para as emissões totais de N₂O foi de apenas 2,2% em 1994.

No setor Mudança no Uso da Terra e Florestas as emissões de N₂O ocorrem pela queima da biomassa nas áreas de desflorestamento. Essas emissões representaram 2,3% do total de emissões de N₂O em 1994.

A Tabela 2.3.1 e as Figuras 2.5 e 2.6 sumarizam as emissões de N₂O.

Tabela 2.3.1 - Emissões de N₂O

Setor	1990	1994	Part. 1994	Varição 90/94
	(Gg)		(%)	
Energia (Queima de Combustíveis)	8	9	1,6	11
Subsetor Industrial	3	4	0,7	14
Outros Setores	5	5	0,9	9
Processos Industriais (Indústria Química)	8	14	2,5	61
Produção de Ácido Nítrico	0	1	0,1	38
Produção de Ácido Adípico	8	13	2,4	63
Agropecuária	451	503	91,5	12
Manejo de Dejetos de Animais	19	20	3,7	7
Gado Bovino	13	13	2,4	5
Outros Animais	6	7	1,2	11
Solos Agrícolas	426	476	86,6	12
Animais em Pastagem	207	219	39,7	6
Fertilizantes Sintéticos	14	21	3,8	51
Dejetos de Animais	12	13	2,4	12
Fixação Biológica	21	26	4,8	25
Resíduos Agrícolas	36	43	7,8	19
Solos Orgânicos	16	23	4,1	38
Emissões Indiretas	120	132	24,0	10
Queima de Resíduos Agrícolas	6	7	1,2	9
Mudança no Uso da Terra e Florestas	11	12	2,3	12
Tratamento de Resíduos (Esgoto Doméstico)	12	12	2,2	6
TOTAL	490	550	100,0	12

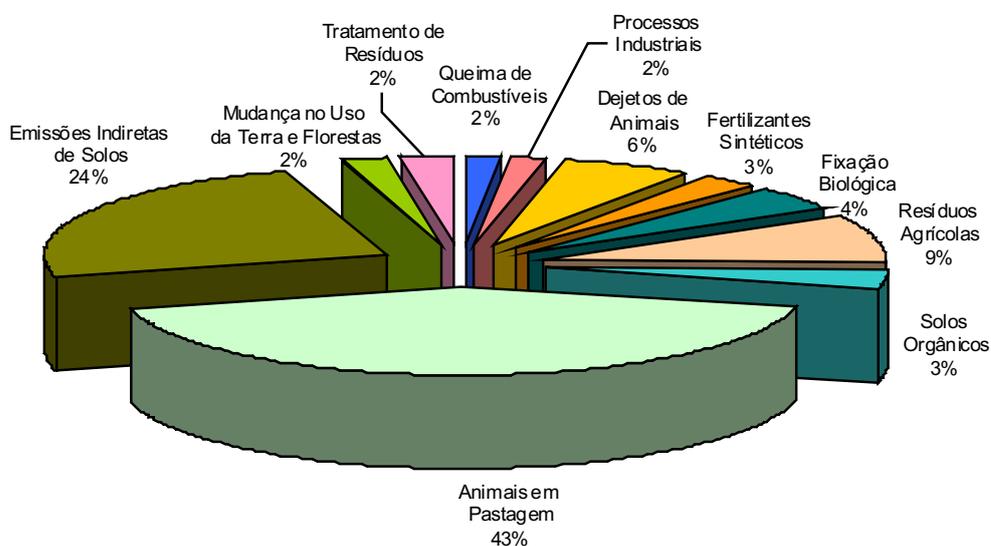
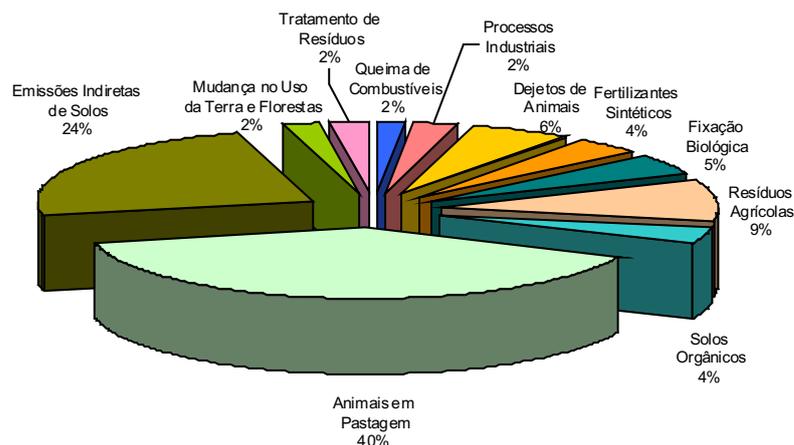
Figura 2.5 - Emissões de N₂O por setor - 1990

Figura 2.6- Emissões de N₂O por setor - 1994



2.4 Emissões de Hidrofluorcarbonos, Perfluorcarbonos e Hexafluoreto de Enxofre

Os gases HFC, PFC e SF₆ não existem originalmente na natureza, sendo sintetizados unicamente por atividades humanas.

O Brasil não produz HFC, tendo sido registrada a importação de 125 t de HFC-134a em 1994 para utilização no setor de refrigeração. Não foi observado o uso em outras aplicações possíveis, tais como fabricação de espumas ou uso em extintores de incêndio. Além disso, como resultado da produção de HCFC-22, ocorre a emissão de HFC-23, que foi estimada em 157 t HFC-23 em 1994, crescendo 30% em relação à emissão desse gás em 1990.

As emissões de PFC (CF₄ e C₂F₆) ocorrem durante o processo produtivo de alumínio. Resultam do efeito anódico que ocorre quando a quantidade de óxido de alumínio diminui nas cubas do processo. As emissões de PFC foram estimadas em 345 t CF₄ e 35 t C₂F₆ em 1994, crescendo 19% em relação a 1990.

O SF₆ é utilizado como isolante em equipamentos elétricos de grande porte. Emissões desse gás ocorrem devido a perdas nos equipamentos, principalmente quando de sua manutenção ou descarte. As emissões de SF₆ foram estimadas em 1,8 toneladas anuais no período de 1990 a 1994.

As Tabelas de 2.4.1 a 2.4.5 sumarizam as emissões de HFC, PFC e SF₆.

Tabela 2.4.1 - Emissões de HFC-23

Setor	1990	1994	Part. 1994	Variação 90/94
	(t)			
Processos Industriais	120	157	100,0	30
Emissões de HFC-23 Devidas à Produção de HCFC-22	120	157	100,0	30
TOTAL	120	157	100,0	30

Tabela 2.4.2 - Emissões de HFC-134a

Setor	1990	1994	Part. 1994
	(t)		
Processos Industriais	-	125	100,0
Consumo em Equipamentos de Refrigeração	-	125	100,0
TOTAL	-	125	100,0

Tabela 2.4.3 - Emissões de CF₄

Setor	1990	1994	Part. 1994	Variação 90/94
	(t)			
Processos Industriais	290	345	100,0	19
Produção de Alumínio	290	345	100,0	19
TOTAL	290	345	100,0	19

Tabela 2.4.4 - Emissões de C₂F₆

Setor	1990	1994	Part. 1994	Variação 90/94
	(t)		(%)	
Processos Industriais	29	35	100,0	19
Produção de Alumínio	29	35	100,0	19
TOTAL	29	35	100,0	19

Tabela 2.4.5 - Emissões de SF₆

Setor	1990	1994	Part. 1994
	(t)		(%)
Processos Industriais	1,8	1,8	100,0
Consumo em Equipamentos Elétricos	1,8	1,8	100,0
TOTAL	1,8	1,8	100,0

2.5 Gases de Efeito Estufa Indireto

Diversos gases possuem influência nas reações químicas que ocorrem na troposfera e dessa forma exercem um papel indireto no aumento do efeito radiativo. Esses gases incluem CO, NO_x e NMVOC. As emissões desses gases são, em sua maioria, resultado de atividades humanas.

As emissões de CO resultam, em sua grande maioria (98%), da queima imperfeita nos setores Energia e Agropecuária e Mudança no Uso da Terra e Florestas. O restante resulta dos processos produtivos do alumínio e produtos químicos, como amônia e ácido adípico. As emissões de CO aumentaram 1% entre 1990 e 1994.

As emissões de NO_x são, em sua quase totalidade, resultado da queima imperfeita, seja de combustíveis no setor Energia, seja de resíduos no setor Agropecuária ou biomassa em áreas de desflorestamento. Pequena parcela das emissões de NO_x ocorre no setor Processos Industriais, resultado da produção de ácido nítrico e alumínio. As emissões de NO_x cresceram 11% entre 1990 e 1994.

As emissões de NMVOC são também, em sua maioria, resultado da queima imperfeita de combustíveis (65% em 1994), mas uma parcela significativa é resultado da produção e uso de solventes (21% em 1994) ou proveniente da indústria de alimentos e bebidas (12% em 1994).

As Tabelas 2.5.1, 2.5.2 e 2.5.3 apresentam as emissões de CO, NO_x e NMVOC, respectivamente.

Tabela 2.5.1 - Emissões de CO

Setor	1990	1994	Part. 1994	Variação 90/94
	(Gg)		(%)	
Energia (Queima de Combustíveis)	13.880	12.266	39,1	-12
Subsetor Energético	1.640	1.551	4,9	- 5
Subsetor Industrial	1.765	1.833	5,8	4
Indústria Siderúrgica	842	790	2,5	- 6
Indústria de Alimentos e Bebidas	461	629	2,0	36
Outras Indústrias	462	414	1,3	- 10
Subsetor Transportes	6.368	5.406	17,2	- 15
Transporte Rodoviário	6.262	5.301	16,9	- 15
Outros Transportes	106	105	0,3	- 1
Subsetor Residencial	3.567	3.013	9,6	- 16
Outros Setores	540	463	1,5	- 14
Processos Industriais	367	510	1,6	39
Indústria Química	1	1	0,0	63
Indústria de Alumínio	346	480	1,5	39
Indústria de Papel e Celulose	20	29	0,1	43
Agropecuária (Queima de Resíduos)	2.542	2.787	8,9	10
Cana-de-açúcar	2.455	2.729	8,7	11
Algodão	87	57	0,2	- 34
Mudança no Uso da Terra e Florestas	14.132	15.797	50,4	12
TOTAL	30.921	31.360	100,0	1

Tabela 2.5.2 - Emissões de NO_x

Setor	1990	1994	Part. 1994	Variação 90/94
	(Gg)		(%)	
Energia (Queima de Combustíveis)	1.448	1.601	69,6	11
Subsetor Energético	215	235	10,2	9
Subsetor Industrial	297	347	15,1	17
Indústria Siderúrgica	94	113	4,9	21
Outras Indústrias	203	233	10,1	15
Subsetor Transportes	869	956	41,5	10
Transporte Rodoviário	750	838	36,4	12
Outros Transportes	119	117	5,1	- 1
Subsetor Residencial	54	48	2,1	- 11
Outros Setores	14	16	0,7	17
Processos Industriais	8	11	0,5	39
Agropecuária (Queima de Resíduos)	219	239	10,4	9
Cana-de-açúcar	208	232	10,1	11
Algodão	10	7	0,3	- 34
Mudança no Uso da Terra e Florestas	401	449	19,5	12
TOTAL	2.076	2.300	100,0	11

Tabela 2.5.3 - Emissões de NMVOC

Setor	1990	1994	Part. 1994	Variação 90/94
	(Gg)		(%)	
Energia (Queima de Combustíveis)	1892	1596	64,5	- 16
Subsetor Energético	342	298	12,1	- 13
Subsetor Industrial	51	55	2,2	7
Indústria Siderúrgica	24	23	0,9	- 1
Indústria de Alimentos e Bebidas	14	19	0,8	34
Outras Indústrias	14	13	0,5	- 7
Subsetor Transportes	1232	1017	41,1	- 17
Transporte Rodoviário	1214	999	40,4	- 18
Outros Transportes	18	18	0,7	- 2
Subsetor Residencial	206	175	7,1	- 15
Outros Setores	59	51	2,0	- 15
Processos Industriais	347	358	14,5	3
Indústria Química	27	31	1,2	15
Indústria de Papel e Celulose	13	19	0,8	43
Indústria de Alimentos e Bebidas	307	308	12,4	0
Uso de Solventes	357	521	21,1	46
TOTAL	2595	2474	100,0	- 5



Qual é a parcela de responsabilidade do Brasil em relação à mudança do clima?

Uma formulação mais precisa dessa questão seria:

Qual é a fração de aumento na temperatura média da superfície terrestre resultante de emissões globais de gases de efeito estufa não controladas pelo Protocolo de Montreal que resulta dessas emissões no Brasil?

Para responder a essa questão, será necessário esperar que o Órgão Subsidiário de Assessoramento Científico e Tecnológico (SBSTA) termine sua análise dos "Aspectos Científicos e Metodológicos da Proposta Brasileira", como solicitado pela Terceira Conferência das Partes em Quioto.

Os aspectos científicos estão em constante evolução. Eles podem, no entanto, ser levados em conta, considerando-se de forma convencional o conhecimento contido no Terceiro Relatório de Avaliação do IPCC, com base no fato de que tal conhecimento foi adequadamente revisto pela comunidade científica e por Governos, e então revisando as estimativas, se necessário, quando uma nova avaliação do IPCC for disponibilizada.

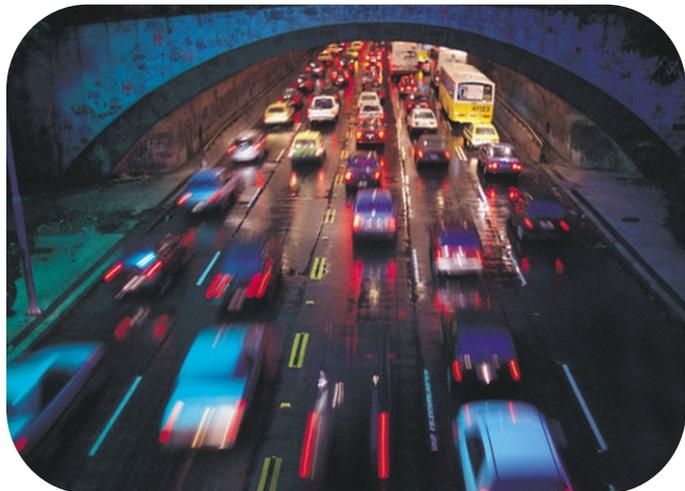
Os aspectos metodológicos estão associados à consideração das não-linearidades conhecidas e à influência de outras substâncias radiativamente ativas não incluídas na Convenção, a saber, aerossóis e clorofluorcarbonos. Esses aspectos não foram adequadamente consideradas pelo SBSTA.

No caso do Brasil, a grande dificuldade está na consideração das emissões a partir de mudanças no uso da terra. Tais emissões no período de 1990-1994 são muito importantes para o país, com pode ser observado no inventário. Para o período anterior relevante, entretanto, não há consistência entre as estimativas de emissões globais e as emissões nacionais relatadas pelas Partes no setor de Uso da Terra, Mudança no Uso da Terra e Florestas, em grande parte devido às dificuldades encontradas em separar o efeito antrópico direto de outros efeitos que influenciam as emissões. Um problema semelhante ocorre com as estimativas de emissões passadas no Brasil a partir da mudança no uso da terra.

A opção de agregar as emissões relatadas para produzir dióxido de carbono equivalente com o uso do Potencial de Aquecimento Global (GWP) em um horizonte de tempo de 100 anos não foi adotada pelo Brasil. O GWP baseia-se na relativa importância dos gases de efeito estufa, em relação ao dióxido de carbono, na produção de uma quantidade de energia (por área unitária) vários anos após um impulso de emissão. Essa variável não representa de forma adequada a contribuição relativa dos diferentes gases de efeito estufa à mudança do clima. Seja ela medida em termos de aumento na temperatura média da superfície terrestre, aumento do nível do mar ou em qualquer estatística de elementos meteorológicos relacionados aos danos, a mudança do clima não é proporcional à energia, à exceção de períodos de tempo muito curtos. O uso do GWP então propiciaria políticas de mitigação inadequadas. Além disso, o seu uso enfatiza sobremaneira e de modo errôneo a importância de gases de efeito estufa de vida curta, especialmente a do metano.

Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa por Setor

Energia





3 EMISSÕES E REMOÇÕES ANTRÓPICAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA POR SETOR

3.1 Energia

3.1.1 Características da Matriz Energética Brasileira

A matriz energética brasileira caracteriza-se pela grande participação das fontes renováveis, como pode ser observado na Tabela 3.1.1. Em 1994, 93% da energia elétrica consumida era de origem hidráulica. O etanol produzido a partir da cana-de-açúcar também tem uma participação importante, como resultado do Programa Nacional do Álcool - Proalcool, programa governamental

para incrementar a produção de álcool hidratado para uso automotivo e a adição de álcool anidro à gasolina. Além do álcool, a cana-de-açúcar também produz o bagaço, que é utilizado principalmente em caldeiras no setor industrial.

Como consequência dessa política de desenvolvimento, em 1994, as fontes primárias de origem fóssil representaram apenas 40% da oferta interna bruta de energia. Dessas fontes, o petróleo foi responsável pela maior contribuição, seguido do carvão metalúrgico, quase todo importado e destinado ao setor siderúrgico. O carvão vapor brasileiro possui baixo poder calorífico e alto teor de cinzas. Essas características limitam, por questões econômicas, a sua utilização às áreas próximas aos locais de extração. É utilizado predominantemente na geração termelétrica.

Tabela 3.1.1 - Oferta interna bruta de energia, por fonte

Fonte	1990	1994	Part. 1994	Varição 90/94
	(Mtep) ^a	(Mtep)	(%)	(%)
Energia – Origem Fóssil	71,6	83,3	39,5	16
Petróleo	57,9	67,1	31,8	16
Gás Natural	4,2	5,0	2,3	18
Carvão Vapor e Metalúrgico	9,5	11,2	5,3	18
Energia – Origem Não Fóssil	115,7	127,5	60,5	10
Urânio - U ₃ O ₈	0,6	0,0	0,0	-
Hidráulica ^b	67,6	79,6	37,8	18
Lenha	28,2	24,5	11,6	-13
Produtos da Cana-de-Açúcar	17,9	21,3	10,1	19
Outras Primárias	1,4	2,0	1,0	49
OFERTA INTERNA BRUTA	187,3	210,8	100	13

Fonte: MME, 1998.

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

^b Fator de conversão de energia hidráulica e eletricidade para tep: 1 MWh = 0,29 tep¹.

¹ Para a conversão de energia hidráulica e eletricidade em toneladas equivalentes de petróleo, o BEN-1998 adota o princípio de "equivalência na produção", que estabelece a quantidade de petróleo necessária para gerar 1MWh em uma usina termelétrica (1MWh = 0,29). 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, em relação ao critério adotado internacionalmente, podendo distorcer as comparações com outros países.

A evolução do consumo final de energia para fins energéticos pode ser observada na Tabela 3.1.2.

energia. Esse processo é, contudo, imperfeito e, como consequência, também são produzidos CH₄, CO, e NMVOC. Como efeito secundário, ocorre também a geração de N₂O e NO_x.

Tabela 3.1.2 - Consumo final de energia, por fonte e por setor

Fonte	1990	1994	Part. 1994	Variação 90/94
	(ktep) ^a	(ktep)	(%)	(%)
Consumo Final por Fonte				
Lenha	15.441	13.592	7,5	-12
Bagaço	11.061	14.281	7,9	29
Diesel	20.298	23.185	13,0	14
Óleo Combustível	9.448	10.241	5,7	8
Gasolina	7.336	9.102	5,1	24
Coque de Carvão Mineral	5.030	6.591	3,7	31
Eletricidade ^b	63.121	72.440	40,0	15
Álcool	5.700	6.467	3,6	13
Outros	22.267	24.162	13,0	9
Consumo Final por Setor				
Setor Energético	13.181	14.625	8,1	11
Residencial	27.730	29.052	16,0	5
Comercial	7.774	9.036	5,0	16
Público	5.426	6.837	3,8	26
Agropecuário	7.259	8.234	4,6	13
Transporte	32.311	37.068	21,0	15
Industrial	65.718	75.209	42,0	14
Outros	303	0	-	-
TOTAL	159.702	180.061	100,0	13

Fonte: MME, 1998.

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

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

As tendências mais marcantes, no período de 1990 a 1994, foram a retração do uso da lenha no consumo final, o aumento do uso da eletricidade, bagaço, gasolina e coque de carvão mineral. Também foi verificado um crescimento acima da média no consumo energético dos setores de serviço, industrial e de transporte. Essa mudança na estrutura do consumo final de energia, ao longo do período, é reflexo do processo de industrialização e urbanização acelerada. Grande parte do aumento do consumo energético na indústria refere-se à eletricidade. Como a expansão da geração elétrica foi predominantemente a partir de fonte hidráulica, o aumento do consumo não se refletiu em aumento equivalente das emissões de gases de efeito estufa.

Na seção a seguir são estimadas as emissões de gases de efeito estufa devidas à produção, à transformação, ao transporte e ao consumo de energia, divididas em duas subseções: emissões por queima de combustíveis e emissões fugitivas.

3.1.2 Emissões por Queima de Combustíveis

O processo de combustão gera essencialmente CO₂ pela oxidação do carbono contido nos combustíveis, liberando

3.1.2.1 Emissões de CO₂ por queima de combustíveis fósseis

As emissões de CO₂ do Brasil, originadas da queima de combustíveis, foram estimadas utilizando duas metodologias do IPCC (IPCC, 1997): a abordagem de referência ou *Top-Down*, na qual as emissões de CO₂ são calculadas a partir da oferta de combustível; e a abordagem setorial ou *Bottom-Up*, na qual as emissões de CO₂ são calculadas a partir do consumo final energético em cada setor. Apenas as emissões de CO₂ correspondentes aos combustíveis fósseis são consideradas neste capítulo, já que as emissões resultantes da queima de biomassa não renovável são consideradas no setor Mudança no Uso da Terra e Florestas.

As estimativas de emissão baseiam-se nos dados de produção e consumo por fonte energética, obtidos do Balanço Energético Brasileiro (MME, 1998), publicado anualmente pelo Ministério de Minas e Energia.

Top-Down

A metodologia *Top-Down* permite estimar as emissões de CO₂ considerando apenas a oferta de energia no país. As emissões são estimadas a

partir de um balanço envolvendo a produção doméstica de combustíveis primários, as importações líquidas de combustíveis primários e secundários e a 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 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 não oxidado). A vantagem do método *Top-Down* sobre outros métodos é, portanto, não depender de informações detalhadas de como o combustível é utilizado pelo usuário final, ou sobre as transformações intermediárias dos combustíveis.

A Tabela 3.1.3 apresenta o resultado das emissões de CO₂ estimadas pelo método *Top-Down* para o período de 1990 a 1994.

Tabela 3.1.3 - Emissões de CO₂ dos combustíveis fósseis (Top-Down) - 1990 a 1994

Setor	1990	1991	1992	1993	1994	Part. 1994	Variação 90/94
	(Gg)						
Petróleo e Derivados	157.831	162.473	167.163	173.792	182.657	77,2	16
Carvão e Derivados	37.517	43.325	42.263	43.740	45.043	19,0	20
Gás Natural	6.927	6.730	7.303	8.036	8.308	3,5	20
Outras Fontes Fósseis	636	692	736	801	589	0,3	- 7
TOTAL	202.911	213.220	217.465	226.369	236.598	100	17

As emissões totais de CO₂ provenientes da queima de combustíveis fósseis evoluíram de 203 Mt CO₂ em 1990 para 237 Mt CO₂ em 1994, o que representa um aumento de 17%, ou seja, um aumento médio anual de 4%.

Verifica-se a predominância (77% em 1994) das emissões dos derivados de petróleo. O segundo lugar é ocupado pelas emissões do carvão e derivados (19% em 1994), que têm como origem principal o carvão metalúrgico e coque de carvão mineral importados. 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.

As emissões originadas do gás natural, apesar de crescentes ao longo do período, contribuem pouco para as emissões totais (4% em 1994).

Bottom-Up

As emissões de CO₂ são dependentes do conteúdo de carbono dos combustíveis, podendo ser estimadas, em um

nível de agregação alto, conforme proposto na metodologia *Top-Down*. Mesmo assim, a metodologia do IPCC (IPCC, 1997) recomenda que se estimem as emissões de CO₂ em um nível mais desagregado, também adotado para estimar as emissões dos outros gases de efeito estufa². Seguindo essa orientação, as emissões de CO₂ da queima de combustíveis foram estimadas para os vários setores da economia. As Tabelas 3.1.4 e Tabela 3.1.5 apresentam as emissões por combustível e por setor de atividade para o período de 1990 a 1994.

As emissões de CO₂, em 1994, foram estimadas em 231 Mt. Essas emissões cresceram 17% no período de 1990 a 1994, enquanto o crescimento do consumo de energia foi 13%. Isso permite concluir que houve um leve aumento da intensidade de carbono do sistema energético do país.

A Tabela 3.1.4 mostra as emissões de CO₂, por combustível, para o consumo de combustíveis fósseis.

Tabela 3.1.4 - Emissões de CO₂ dos combustíveis fósseis, por combustível - 1990 a 1994

Combustível	1990	1991	1992	1993	1994	Part. 1994	Variação 90/94
	(Gg)						
Gasolina	21.620	23.406	23.288	24.494	26.825	11,6	24
Querosene de Aviação	5.677	5.960	5.616	5.920	6.054	2,6	7
Querosene Iluminante	568	550	480	413	364	0,2	-36
Óleo Diesel	65.680	68.336	70.163	72.109	75.067	32,4	14
Óleo Combustível	32.869	31.089	33.270	35.392	36.366	15,7	11
GLP	14.445	14.773	15.540	15.701	16.012	6,9	11
Nafta	2.982	2.903	3.166	3.270	3.693	1,6	24
Lubrificantes	1.067	1.026	853	937	978	0,4	-8
Coque de Petróleo	1.574	1.685	1.552	1.664	2.183	0,9	39
Carvão Vapor	7.634	9.498	8.052	7.129	7.650	3,3	0
Carvão Metalúrgico	-	-	-	685	1.031	0,4	-
Alcatrão	660	840	996	1.021	918	0,4	39
Coque de Carvão Mineral	22.904	27.458	27.840	29.439	30.012	13,0	31
Gás Natural	6.363	6.374	6.974	7.725	7.945	3,4	25
Gás de refinaria	4.126	4.623	4.748	4.948	5.302	2,3	28
Outros Produtos Secundários do Petróleo	2.894	2.738	3.222	3.209	3.911	1,7	35
Gás Canalizado	566	568	507	468	302	0,1	-47
Gás de Coqueria	5.711	6.062	6.176	6.417	6.211	2,7	9
Outras Primárias Fósseis	630	685	729	795	585	0,3	-7
TOTAL	197.972	208.573	213.170	221.734	231.408	100	17

²Outros gases de efeito estufa reportados, conhecidos genericamente como gases não-CO₂, são: CO, CH₄, NO_x, N₂O e NMVOC.

O óleo diesel aparece como o combustível responsável pela maior parcela das emissões de CO₂ (32% em 1994). No entanto, o aumento de 14% no período 1990 a 1994 é um pouco mais baixo do que o aumento médio das emissões totais dos combustíveis, de 17%. O segundo combustível que mais contribuiu para as emissões de CO₂ foi o óleo combustível (16% em 1994), mas com taxa de crescimento igualmente baixa, de 11%. Seguem em ordem decrescente de participação em 1994: coque de carvão mineral (13%),

gasolina (12%), GLP (7%) e gás natural (3,4%). A maior parte desses combustíveis apresentou significativo crescimento no período: coque de carvão mineral (31%), gasolina (24%) e gás natural (25%).

A Tabela 3.1.5 mostra as emissões de CO₂, por setor, para os combustíveis fósseis.

Tabela 3.1.5 - Emissões de CO₂ dos combustíveis fósseis, por setor - 1990 a 1994

Setor	1990	1991	1992	1993	1994	Part. 1994	Varição 90/94
	(Gg)					(%)	
Setor Energético	22.914	22.704	24.886	25.119	25.602	11,1	12
Centrais Elétricas Serviço Público	5.999	6.889	7.551	6.626	7.242	3,1	21
Centrais Elétricas Autoprodutoras	3.076	3.231	4.146	4.263	3.607	1,6	17
Consumo Setor Energético	13.839	12.584	13.189	14.229	14.753	6,4	7
Consumo Não Energético	5.482	5.438	5.423	5.614	6.204	2,7	13
Residencial	13.750	14.122	14.633	15.168	15.176	6,6	10
Comercial	2.046	1.899	1.952	1.526	1.557	0,7	-24
Público	502	520	499	878	1.962	0,8	291
Agropecuário	9.998	10.425	10.729	11.854	12.516	5,4	25
Transportes	82.020	86.052	86.760	89.989	94.324	40,8	15
Aéreo	5.818	6.089	5.728	6.047	6.204	2,7	7
Rodoviário	71.150	75.052	75.923	78.338	83.302	36,0	17
Ferroviário	1.614	1.611	1.657	1.682	1.260	0,54	-22
Marítimo	3.437	3.300	3.452	3.922	3.558	1,5	4
Industrial	61.260	67.412	68.289	71.587	74.066	32,0	21
Cimento	5.628	6.384	4.999	5.011	4.940	2,1	-12
Ferro-Gusa e Aço	28.536	33.343	33.925	36.055	37.606	16,3	32
Ferroligas	208	155	246	264	281	0,1	35
Mineração e Pelotização	2.405	2.384	2.637	2.791	3.215	1,4	34
Não-Ferrosos	3.085	3.194	3.213	4.092	3.860	1,7	25
Química	8.552	8.733	8.990	8.504	9.038	3,9	6
Alimentos e Bebidas	3.201	3.214	3.514	3.594	3.615	1,6	13
Têxtil	1.599	1.523	1.497	1.583	1.332	0,6	-17
Papel e Celulose	2.445	2.710	3.098	2.885	2.936	1,3	20
Cerâmica	1.680	1.775	2.220	2.465	2.501	1,1	49
Outros	3.921	3.997	3.950	4.344	4.741	2,0	21
TOTAL	197.972	208.573	213.170	221.734	231.408	100	17



O setor que mais contribuiu para as emissões, em 1994, foi o setor de transportes (41%), onde somente o modo rodoviário foi responsável por 36% das emissões totais. O setor industrial contribuiu com 32% das emissões. O subsetor industrial que mais contribuiu para as emissões de gases de efeito estufa foi o de ferro-gusa e aço, com 16% das emissões totais. Deve-se acrescentar que as emissões do setor industrial cresceram 21% no período de 1990 a 1994, ou seja, acima da média nacional. Dos setores de pouco peso, o agropecuário e o público apresentaram altas taxas de crescimento das emissões no período, respectivamente 25% e 291%, enquanto o setor comercial apresentou uma queda de 24% nas emissões³.

A Tabela 3.1.6 apresenta a comparação entre as estimativas das emissões de CO₂ obtidas pelos dois métodos. O valor encontrado empregando-se o método *Top-Down* é cerca de 2% maior do que aquele obtido pelo *Bottom-Up*. Essa diferença é esperada, pois as estimativas pelo método *Bottom-Up* não contabilizam as perdas de energia na transformação e na distribuição, o que resulta em uma estimativa um pouco menor.

Tabela 3.1.6 - Emissões de CO₂ dos combustíveis fósseis estimadas pelos métodos *Top-Down* e *Bottom-Up*

	1990	1991	1992	1993	1994
Método de Referência (Gg) (A)	202.911	213.220	217.465	226.369	236.598
Método <i>Bottom-Up</i> (Gg) (B)	197.972	208.573	213.170	221.734	231.408
DIFERENÇA (%) ((A-B) / B)	2,5	2,2	2,0	2,1	2,2

3.1.2.2 Emissões de outros Gases de Efeito Estufa por Queima de Combustíveis

Os outros gases de efeito estufa estimados são: CH₄, N₂O, CO, NO_x e NMVOC. Esses gases são tratados de forma genérica como gases "não-CO₂" e suas emissões foram estimadas para todos os combustíveis, inclusive os derivados de biomassa.

Para aplicar a metodologia *Bottom-Up*, os usos finais das fontes energéticas devem ser conhecidos, bem como as características dos equipamentos utilizados. Os dados referentes à utilização final foram obtidos do Balanço de Energia Útil (MME, 1993), publicado pelo Ministério das Minas e Energia.

Foram usados, preferencialmente, os fatores de emissão da abordagem detalhada (*Tier 2*) da metodologia do IPCC (IPCC, 1997). Nos casos, onde não havia fatores adequados, foram utilizados os fatores de emissão do *Tier 2* da versão anterior do IPCC (IPCC, 1995). Quando nenhuma informação estava disponível, foram utilizados os fatores de emissão da abordagem simplificada (*Tier 1*) do IPCC (IPCC, 1997). Para gasolina e etanol consumidos no modo de transporte

rodoviário foram adotados os fatores de emissão para a frota nacional de veículos leves, calculados a partir dos dados obtidos na CETESB (CETESB, 1994).

A Tabela 3.1.7 apresenta as emissões dos outros gases de efeito estufa por queima de combustíveis para o período de 1990 a 1994.

Tabela 3.1.7 - Emissões de outros gases por queima de combustíveis - 1990 a 1994

Gás	1990	1991	1992	1993	1994	Variação 90/94
	(Gg)					(%)
CH ₄	332	306	290	290	293	-12
N ₂ O	7,9	8,1	8,1	8,1	8,7	10
CO	13.880	13.668	13.016	12.362	12.266	-12
NO _x	1.448	1.500	1.524	1.559	1.601	11
NMVOC	1.892	1.841	1.714	1.639	1.596	-16

Em 1994, foram emitidos 12.266 Gg CO; 293 Gg CH₄; 1.601 Gg NO_x; 8,7 Gg N₂O; e 1.596 Gg NMVOC. Apesar do aumento do consumo de combustíveis, no período de 1990 a 1994, as emissões de CH₄, CO e NMVOC decresceram significativamente devido a duas causas principais: melhoria tecnológica nos veículos rodoviários e redução do consumo de lenha.

Uma análise mais detalhada dos resultados acima encontra-se nos itens a seguir. Para cada gás são apresentadas tabelas com as emissões por combustível e setor, para o período de 1990 a 1994. Cada uma dessas tabelas apresenta, também, a distribuição percentual em 1994 e a correspondente taxa de crescimento no período.

Metano

Em 1994, foram emitidos 293 Gg CH₄ por queima de combustíveis. As emissões reduziram-se no período de 1990 a 1994.

A Tabela 3.1.8 mostra que os combustíveis de biomassa são as principais fontes emissoras de CH₄ (96% em 1994). No entanto, verificou-se um decréscimo de 12% no período. As emissões dos combustíveis fósseis, que foram responsáveis por apenas 4% das emissões, apresentaram redução de 1%. O principal combustível, em termos de emissões de CH₄, foi a lenha (73%), seguida do carvão vegetal (15%) e do bagaço (6,5%). Dentre eles, apenas o bagaço apresentou crescimento das emissões de CH₄.

³Esses dados têm que ser interpretados à luz da estrutura energética do Brasil. O crescimento do consumo de energia no setor comercial deu-se, exclusivamente, pela eletricidade, enquanto o consumo dos combustíveis fósseis diminuiu. Nos setores público e agropecuário houve, além do aumento do consumo de eletricidade, um aumento do consumo de combustíveis fósseis.

Tabela 3.1.8 - Emissões de CH₄, por combustível - 1990 a 1994

Combustível	1990	1991	1992	1993	1994	Part. 1994	Variação 90/94
	(Gg)					(%)	
Combustíveis Fósseis							
Total Fóssil	12	12	12	12	12	4,1	-1
Gasolina	5,0	4,9	4,5	4,1	3,8	1,3	-24
Querosene de Aviação	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,0	7
Querosene Iluminante	0,06	0,05	0,05	0,04	0,03	0,0	-38
Óleo Diesel	5,0	5,2	5,4	5,6	5,8	2,0	15
Óleo Combustível	0,87	0,85	0,91	0,95	0,93	0,3	8
GLP	0,26	0,26	0,28	0,28	0,29	0,1	12
Coque de Petróleo	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,0	52
Carvão Vapor	0,08	0,10	0,09	0,07	0,08	0,0	-3
Carvão Metalúrgico	-	-	-	0,01	0,01	0,0	-
Alcatrão	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,0	54
Coque de Carvão Mineral	0,22	0,26	0,26	0,28	0,28	0,1	31
Gás Natural	0,11	0,12	0,14	0,20	0,23	0,1	105
Gás de Refinaria	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,0	26
Outras Secundárias Petróleo	0,05	0,05	0,05	0,06	0,07	0,0	31
Gás Canalizado	0,04	0,04	0,04	0,03	0,02	0,0	-40
Gás de Coqueria	0,07	0,08	0,09	0,09	0,07	0,0	2
Outras Primárias Fósseis	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,0	-7
Biomassa							
Total Biomassa	320	294	278	278	281	95,9	-12
Lenha	251	230	217	215	215	73,4	-14
Carvão Vegetal	51	45	42	44	45	15,4	-13
Bagaço	15	16	17	16	19	6,5	29
Resíduos Vegetais	0,73	0,76	0,89	0,88	0,76	0,3	4
Lixívia	0,10	0,11	0,13	0,15	0,16	0,1	64
Etanol	1,7	1,8	1,8	1,7	1,8	0,6	4
TOTAL	332	306	290	290	293	100	-12

Em termos de emissões setoriais em 1994 (Tabela 3.1.9), o setor energético foi o principal responsável pelas emissões de CH₄ (51%) devido à participação das carvoarias (48%). Seguem-se os setores residencial (22%) e industrial (19%). Os setores que apresentaram as maiores taxas de crescimento de emissões no período foram o público (48%) e a indústria de alimentos e bebidas (41%).

Cruzando as três variáveis equipamento, combustível e setor identifica-se a lenha para carvoejamento como a principal fonte de emissão, com 48% das emissões de CH₄ resultantes da queima de combustíveis em 1994. Seguem-se lenha dos fornos do setor residencial (21%) e o carvão vegetal queimado nos altos-fornos da indústria de ferro-gusa e aço (11%).

A diminuição das emissões de CH₄ é fortemente influenciada pela redução do consumo de lenha, cujas emissões decresceram em 14% no período de 1990 a 1994.

Tabela 3.1.9 - Emissões de CH₄, por setor - 1990 a 1994

Setor	1990	1991	1992	1993	1994	Part. 1994	Varição 90/94
	(Gg)					(%)	
Setor Energético	172	153	141	148	150	51,3	-13
Centrais Elétricas Serviço Público	0,11	0,12	0,15	0,13	0,14	0,0	24
Centrais Elétricas Autoprodutoras	0,92	1,0	1,1	1,1	1,0	0,4	12
Carvoarias	163	143	131	138	140	47,6	-14
Consumo Setor Energético	8,7	10	9,2	8,9	10	3,3	12
Residencial	77	76	76	67	65	22,1	-16
Comercial	1,7	1,6	1,6	1,5	1,5	0,5	-12
Público	0,07	0,07	0,06	0,06	0,10	0,0	48
Agropecuário	13	13	12	11	11	3,9	-11
Transportes	10	11	10	10	10	3,4	-6
Aéreo	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,0	7
Rodoviário	10	10	9,7	9,5	9,5	3,2	-6
Ferroviário	0,11	0,11	0,11	0,11	0,09	0,0	-22
Marítimo	0,23	0,22	0,23	0,26	0,23	0,1	3
Industrial	58	52	50	53	55	18,9	-4
Cimento	3,0	2,2	1,8	2,0	2,3	0,8	-25
Ferro-Gusa e Aço	37	31	29	32	33	11,2	-11
Ferroligas	3,0	4,1	3,5	4,2	3,7	1,3	21
Mineração e Pelotização	0,31	0,33	0,29	0,06	0,06	0,0	-80
Não-Ferrosos	2,2	1,8	1,8	1,0	1,1	0,4	-49
Química	0,75	0,72	0,68	0,69	0,72	0,2	-4
Alimentos e Bebidas	7,3	7,3	8,6	8,5	10,3	3,5	41
Têxtil	0,20	0,19	0,14	0,15	0,13	0,0	-33
Papel e Celulose	1,1	1,1	1,3	1,3	1,3	0,4	17
Cerâmica	2,2	2,1	1,9	2,0	2,1	0,7	-7
Outros	0,89	0,88	0,66	0,71	0,75	0,3	-16
TOTAL	332	306	290	290	293	100	-12

Óxido Nitroso

Em 1994, foram emitidos 8,7 Gg N₂O por queima de combustíveis. A taxa de crescimento das emissões foi 10% entre 1990 e 1994.

Tabela 3.1.10 - Emissões de N₂O, por combustível - 1990 a 1994

Combustível	1990	1991	1992	1993	1994	Part. 1994	Variação 90/94
	(Gg)						
Combustíveis Fósseis							
Total Fóssil	1,8	2,0	2,0	2,2	2,4	27,0	30
Gasolina	0,44	0,52	0,53	0,60	0,74	8,5	70
Querosene de Aviação	0,16	0,17	0,16	0,17	0,17	2,0	7
Querosene Iluminante	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	-36
Óleo Diesel	0,54	0,56	0,57	0,59	0,61	7,0	14
Óleo Combustível	0,19	0,17	0,19	0,20	0,21	2,4	11
GLP	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,3	11
Coque de Petróleo	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,3	38
Carvão Vapor	0,09	0,12	0,10	0,08	0,09	1,0	-3
Carvão Metalúrgico	-	-	-	0,01	0,02	0,2	-
Alcatrão	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,1	62
Coque de Carvão Mineral	0,30	0,36	0,37	0,39	0,40	4,6	31
Gás Natural	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,1	35
Gás de Refinaria	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,1	28
Outras Secundárias Petróleo	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,3	33
Gás Canalizado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	-46
Gás de Coqueria	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,1	9
Outras Primárias Fósseis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	-7
Biomassa							
Total Biomassa	6,1	6,1	6,0	5,9	6,3	73,0	4
Lenha	2,7	2,6	2,5	2,4	2,4	27,2	-12
Carvão Vegetal	0,94	0,82	0,75	0,81	0,82	9,4	-13
Bagaço	2,0	2,1	2,2	2,2	2,5	29,1	29
Resíduos Vegetais	0,10	0,10	0,12	0,12	0,10	1,2	4
Lixívia	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,4	65
Etanol	0,37	0,41	0,39	0,43	0,48	5,6	32
TOTAL	7,9	8,1	8,1	8,1	8,7	100	10

A Tabela 3.1.10 mostra que os combustíveis de biomassa são as principais fontes emissoras de N₂O (73% em 1994). No entanto, a taxa de crescimento das emissões das fontes de biomassa foi relativamente baixa (4% no período) se comparada ao aumento das emissões das fontes fósseis (30%). O principal combustível, em termos de emissões de N₂O em 1994, foi o bagaço (29%), seguido da lenha (27%), do carvão vegetal (9,4%), da gasolina (8,5%), do óleo diesel

(7,0%) e do coque de carvão mineral (4,6%). Dentre esses, são encontradas tendências opostas. Altas taxas de crescimento para uns: gasolina (70%), bagaço (29%), óleo diesel (14%) e coque de carvão mineral (31%); e altas taxas de redução para outros: lenha (-12%) e carvão vegetal (-13%).

Tabela 3.1.11 - Emissões de N₂O, por setor - 1990 a 1994

Setor	1990	1991	1992	1993	1994	Part. 1994	Variação 90/94
	(Gg)					(%)	
Setor Energético	1,4	1,5	1,5	1,4	1,5	17,5	12
Centrais Elétricas Serviço Público	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,6	17
Centrais Elétricas Autoprodutoras	0,13	0,14	0,15	0,16	0,15	1,7	13
Consumo Setor Energético	1,2	1,3	1,2	1,2	1,3	15,2	12
Residencial	1,4	1,4	1,4	1,2	1,2	13,7	-15
Comercial	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,3	-13
Público	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,1	209
Agropecuário	0,46	0,46	0,42	0,43	0,43	4,9	-8
Transportes	1,4	1,6	1,5	1,7	1,9	21,7	35
Aéreo	0,16	0,17	0,16	0,17	0,18	2,0	7
Rodoviário	1,2	1,3	1,3	1,5	1,7	19,3	40
Ferrovário	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,1	-23
Marítimo	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,3	3
Industrial	3,2	3,2	3,2	3,3	3,6	41,7	12
Cimento	0,12	0,12	0,09	0,09	0,10	1,1	-22
Ferro-Gusa e Aço	1,0	0,99	0,95	1,0	1,1	12,3	3
Ferroligas	0,06	0,08	0,07	0,09	0,08	0,9	23
Mineração e Pelotização	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,3	9
Não-Ferrosos	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,8	-13
Química	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	1,1	0
Alimentos e Bebidas	1,1	1,1	1,3	1,3	1,5	17,2	35
Têxtil	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,3	-31
Papel e Celulose	0,23	0,22	0,25	0,25	0,27	3,1	17
Cerâmica	0,29	0,27	0,25	0,27	0,28	3,2	-3,2
Outros	0,14	0,14	0,12	0,12	0,13	1,5	-11
TOTAL	7,9	8,1	8,1	8,1	8,7	100	10

Em termos de emissões setoriais em 1994 (Tabela 3.1.11), o setor industrial foi o principal responsável pelas emissões de N₂O (42%), sendo os subsetores alimentos e bebidas (17%) e ferro-gusa e aço (12%) os mais importantes. Seguem-se os setores transportes (22%), energético (18%) e residencial (14%). Dos setores que mais contribuíram para as emissões, todos apresentam taxas de crescimento altas no período de 1990 a 1994, exceto o subsetor ferro-gusa e aço com um pequeno crescimento (3%) e o setor residencial (-15%).

As emissões de N₂O não estão muito concentradas em apenas um uso, combustível ou setor. Cruzando as três variáveis - equipamento, combustível e setor - identifica-se que as emissões de N₂O de caldeiras usando bagaço no

consumo do setor energético (15%) e no subsetor alimentos e bebidas (14%) e da queima de lenha em fornos do setor residencial (13%) são os principais emissores. Outras emissões importantes provêm do consumo do transporte rodoviário gasolina (8,5%), etanol (5,6%) e diesel (5,2%) e do consumo de carvão vegetal na indústria de ferro-gusa e aço (7,5%).

Monóxido de Carbono

Em 1994, foram emitidos 12.266 Gg CO por queima de combustíveis, apresentando uma redução de 12% no período de 1990 a 1994.

Tabela 3.1.12 - Emissões de CO₂, por combustível - 1990 a 1994

Combustível	1990	1991	1992	1993	1994	Part. 1994	Varição 90/94
	(Gg)					(%)	
Combustíveis Fósseis							
Total Fóssil	5.156	5.095	4.707	4.419	4.224	34,4	-18
Gasolina	4.316	4.217	3.810	3.493	3.274	26,7	-24
Querosene de Aviação	8,0	8,4	7,9	8,4	8,6	0,1	7
Querosene Iluminante	0,27	0,26	0,22	0,19	0,17	0,0	-35
Óleo Diesel	715	745	761	776	801	6,5	12
Óleo Combustível	50	46	49	57	54	0,4	9
GLP	2,8	2,9	3,1	3,2	3,4	0,0	20
Coque de Petróleo	1,2	1,3	1,2	1,3	1,6	0,0	42
Carvão Vapor	4,1	5,2	4,0	3,4	3,7	0,0	-9
Carvão Metalúrgico	-	-	-	0,58	0,88	0,0	-
Alcatrão	0,40	0,54	0,73	0,74	0,67	0,0	69
Coque de Carvão Mineral	46	55	55	59	60	0,5	31
Gás Natural	5,8	5,7	6,4	7,5	7,9	0,1	36
Gás de Refinaria	2,7	3,1	3,2	3,3	3,5	0,0	29
Outras Secundárias Petróleo	0,43	0,39	0,47	0,52	0,61	0,0	43
Gás Canalizado	0,26	0,25	0,21	0,19	0,10	0,0	-60
Gás de Coqueria	3,9	4,1	4,1	4,3	4,3	0,0	9
Outras Primárias Fósseis	0,19	0,22	0,22	0,22	0,18	0,0	-6
Biomassa							
Total Biomassa	8.723	8.573	8.309	7.943	8.042	65,6	-8
Lenha	5.384	5.209	5.055	4.681	4.612	37,6	-14
Carvão Vegetal	1.118	992	911	957	967	7,9	-13
Bagaçó	842	903	953	931	1.085	8,8	29
Resíduos Vegetais	65	66	78	75	68	0,6	5
Lixívia	4,6	5,1	6,1	7,1	7,5	0,1	63
Etanol	1.311	1.398	1.306	1.292	1.302	10,6	-1
TOTAL	13.880	13.668	13.016	12.362	12.266	100	-12

A Tabela 3.1.12 mostra que os combustíveis de biomassa foram as principais fontes emissoras de CO₂ (66% em 1994). O principal combustível, em termos de emissões de CO₂, foi a lenha (38%). Seguem-se gasolina (27%) e etanol (11%). A redução das emissões da biomassa deve-se à redução do consumo de lenha, cujas emissões recuaram 14% no período de 1990 a 1994. A redução das emissões dos combustíveis fósseis deve-se principalmente à gasolina (-24%).

A redução no caso da gasolina, apesar do aumento do seu consumo no período, deve-se a mudanças tecnológicas na frota de veículos leves, acarretando uma redução progressiva dos fatores de emissão médios.

Tabela 3.1.13 - Emissões de CO₂, por setor - 1990 a 1994

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

Em termos de emissões setoriais (Tabela 3.1.13), o setor transportes foi o principal responsável pelas emissões de CO₂ (44%), sendo o transporte rodoviário responsável por 43% das emissões. Segue-se o setor residencial com 25%.

Cruzando as informações sobre emissões setoriais e combustíveis, a gasolina consumida no transporte rodoviário foi a principal fonte de emissões de CO₂ (26%), seguida da lenha queimada nos fornos do setor residencial (23%) e do etanol utilizado no transporte rodoviário (11%).

Óxidos de Nitrogênio

Em 1994, foram emitidos 1.601 Gg NO_x por queima de combustíveis. A taxa de crescimento das emissões foi 11% no período de 1990 a 1994.

Tabela 3.1.14 - Emissões de NO_x, por combustível - 1990 a 1994

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

A Tabela 3.1.14 mostra que, diferentemente do CH₄ e do CO, as principais fontes emissoras de NO_x são os combustíveis fósseis (84% em 1994), apresentando taxas de crescimento razoavelmente altas (12%) no período de 1990 a 1994. O principal combustível em termos de emissões de NO_x é o óleo diesel (44%). Seguem-se o óleo combustível (12%), a

gasolina (8%), o etanol (6%) e o gás natural (6%). Apresentaram crescimento significativo no período: óleo diesel (10%), óleo combustível (10%), gasolina (10%), etanol (2%) e gás natural (25%).

Tabela 3.1.15 - Emissões de NO_x por setor - 1990 a 1994

Setor	1990	1991	1992	1993	1994	Part. 1994	Varição 90/94
	(Gg)					(%)	
Setor Energético	215	219	236	231	235	14,7	9
Centrais Elétricas Serviço Público	61	68	76	67	72	4,5	18
Centrais Elétricas Autoprodutoras	18	19	22	22	22	1,4	23
Carvoarias	2,7	2,4	2,2	2,3	2,3	0,1	-14
Consumo Setor Energético	133	130	136	139	139	8,7	4
Residencial	54	54	54	49	48	3,0	-11
Comercial	4,0	3,8	3,8	3,7	3,9	0,2	-3
Público	1,0	0,9	0,9	1,7	4,0	0,2	316
Agropecuário	8,5	8,3	7,8	7,7	7,9	0,5	-7
Transportes	869	908	912	938	956	59,7	10
Aéreo	25	26	24	26	26	1,6	7
Rodoviário	750	790	792	807	838	52,3	12
Ferrovário	26	26	27	28	21	1,3	-21
Marítimo	68	66	68	78	70	4,4	3
Industrial	297	306	310	328	347	21,7	17
Cimento	38	41	34	33	33	2,1	-14
Ferro-Gusa e Aço	92	93	94	102	110	6,9	21
Ferroligas	2,6	2,8	2,8	3,7	3,4	0,2	31
Mineração e Pelotização	10	10	11	11	12	0,8	21
Não-Ferrosos	16	17	17	19	19	1,2	19
Química	36	37	39	39	41	2,6	16
Alimentos e Bebidas	33	33	36	36	40	2,5	22
Têxtil	4,2	4,0	3,7	3,9	3,3	0,2	-21
Papel e Celulose	20	21	24	26	27	1,7	36
Cerâmica	19	19	23	25	27	1,7	40
Outros	27	27	26	29	31	1,9	15
TOTAL	1.448	1.500	1.524	1.559	1.601	100	11

Em termos de emissões setoriais em 1994 (Tabela 3.1.15), o setor transportes foi o principal responsável pelas emissões de NO_x (60%), com 52% referente ao transporte rodoviário. Seguem-se os setores industrial (22%) e energético (15%). Os setores que mais contribuíram para as emissões apresentaram altas taxas de crescimento no período de 1990 a 1994: transportes (10%), industrial (17%) e energético (9%).

Cruzando as três variáveis - equipamento, combustível e setor - identifica-se que as emissões estão muito

concentradas no uso motor no transporte rodoviário: óleo diesel (38%), gasolina (8%) e etanol (6%).

Compostos Orgânicos Voláteis Não Metânicos

Em 1994, foram emitidos 1.596 Gg NMVOC por queima de combustíveis. As emissões decresceram 16% entre 1990 e 1994.

Tabela 3.1.16 - Emissões de NMVOC, por combustível - 1990 a 1994

Combustível	1990	1991	1992	1993	1994	Part. 1994	Variação 90/94
	(Gg)						
Combustíveis Fósseis							
Total Fóssil	967	946	867	807	760	48	-21
Gasolina	807	779	697	631	579	36,3	-28
Querosene de Aviação	4,0	4,2	4,0	4,2	4,3	0,3	7
Querosene Iluminante	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,0	-36
Óleo Diesel	141	147	150	153	159	9,9	12
Óleo Combustível	8,4	7,8	8,3	9,7	9,0	0,6	8
GLP	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	0,1	11
Coque de Petróleo	0,08	0,08	0,08	0,08	0,11	0,0	39
Carvão Vapor	1,0	1,3	1,0	0,88	0,95	0,1	-8
Carvão Metalúrgico	-	-	-	0,15	0,22	0,0	-
Alcatrão	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05	0,0	53
Coque de Carvão Mineral	3,5	4,1	4,2	4,4	4,5	0,3	31
Gás Natural	0,45	0,45	0,50	0,57	0,58	0,0	29
Gás de Refinaria	0,31	0,35	0,36	0,37	0,40	0,0	28
Outras Secundárias Petróleo	0,14	0,13	0,16	0,17	0,20	0,0	45
Gás Canalizado	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03	0,0	-47
Gás de Coqueria	0,27	0,28	0,29	0,30	0,29	0,0	9
Outras Primárias Fósseis	0,04	0,05	0,05	0,06	0,04	0,0	-7
Biomassa							
Total Biomassa	924	896	847	832	836	52	-10
Lenha	598	555	526	513	511	32	-14
Carvão Vegetal	26	23	21	22	22	1,4	-13
Bagaço	25	26	28	27	32	2,0	29
Resíduos Vegetais	1,2	1,3	1,5	1,5	1,3	0,1	4
Lixívia	0,28	0,31	0,37	0,42	0,46	0,0	66
Etanol	275	290	270	267	269	17	-2
TOTAL	1.892	1.841	1.714	1.639	1.596	100	-16

A Tabela 3.1.16 mostra que as emissões são bem distribuídas entre os combustíveis fósseis (48%) e as fontes da biomassa (52%). As emissões de ambas fontes diminuiram no período de 1990 a 1994: fontes fósseis (-21%) e fontes da biomassa (-10%).

Em 1994, o principal combustível em termos de emissões de NMVOC foi a gasolina (36%). Seguiram-se a lenha (32%) e o etanol (17%). A acentuada redução das emissões, no período, teve como razão principal a redução das emissões da gasolina no setor de transporte rodoviário, devido à melhoria tecnológica da frota circulante.



Tabela 3.1.17 - Emissões de NMVOC, por setor - 1990 a 1994

Setor	1990	1991	1992	1993	1994	Part. 1994	Varição 90/94
	(Gg)					(%)	
Setor Energético	342	304	280	294	298	18,7	-13
Centrais Elétricas Serviço Público	0,35	0,40	0,45	0,39	0,43	0,0	22
Centrais Elétricas Autoprodutoras	1,7	1,8	2,0	2,1	2,0	0,1	13
Carvoarias	325	285	262	276	279	17,5	-14
Consumo Setor Energético	15	17	16	15	17	1,1	12
Residencial	206	205	206	180	175	11,0	-15
Comercial	3,3	3,1	3,0	2,9	2,7	0,2	-19
Público	0,10	0,10	0,07	0,10	0,17	0,0	71
Agropecuário	56	54	50	49	48	3,0	-14
Transportes	1232	1225	1127	1063	1017	63,7	-17
Aéreo	4,6	4,8	4,5	4,7	4,9	0,3	7
Rodoviário	1214	1207	1109	1043	999	62,6	-18
Ferrovário	4,4	4,4	4,5	4,6	3,4	0,2	-21
Marítimo	9,1	8,7	9,1	10	9,4	0,6	3
Industrial	51	49	49	51	55	3,4	7
Cimento	2,2	2,0	1,5	1,5	1,7	0,1	-25
Ferro-Gusa e Aço	22	20	19	21	21	1,3	-3
Ferroligas	1,5	2,1	1,8	2,2	1,9	0,1	22
Mineração e Pelotização	0,3	0,36	0,36	0,24	0,28	0,0	-18
Não-Ferrosos	1,4	1,1	1,1	0,86	0,89	0,1	-34
Química	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	0,1	-1
Alimentos e Bebidas	14	14	16	16	19	1,2	35
Têxtil	0,45	0,43	0,32	0,33	0,32	0,0	-29
Papel e Celulose	2,8	2,7	3,1	3,1	3,3	0,2	17
Cerâmica	3,6	3,5	3,2	3,4	3,5	0,2	-3
Outros	1,8	1,8	1,5	1,6	1,6	0,1	-11
TOTAL	1.892	1.841	1.714	1.639	1.596	100	-16

Em termos de emissões setoriais em 1994 (Tabela 3.1.17), o setor transportes foi o principal responsável pelas emissões de NMVOC (64%), com predominância do transporte rodoviário (63%). Seguiram-se os setores energético (19%), com predominância das carvoarias (17%), e residencial (11%). Os três setores que mais contribuíram para as emissões apresentaram reduções no período de 1990 a 1994.

Cruzando as três variáveis - equipamento, combustível e setor - identifica-se que os veículos a gasolina (36%), a lenha consumida nas carvoarias (17%), os veículos rodoviários a etanol (17%), os fornos a lenha do setor residencial (11%) e os veículos rodoviários a óleo diesel (10%) foram os principais emissores de NMVOC.

3.1.3 Emissões fugitivas

3.1.3.1 Emissões fugitivas da mineração de carvão

Nesta seção são apresentadas as estimativas das emissões de gases de efeito estufa da indústria de carvão mineral para o período de 1990 a 1994.

As estimativas compreendem as emissões fugitivas de CH₄ das minas a céu aberto e subterrâneas, bem como as emissões de CO₂ dos depósitos de carvão mineral e pilhas de rejeitos.

O carvão mineral é formado a partir do soterramento e da decomposição de matéria vegetal. Gradualmente, esses materiais, ao sofrerem soterramento e compactação em bacias de deposição, apresentam enriquecimento no teor de carbono. Fatores externos, tais como pressão, temperatura, tectônica e tempo de exposição, determinam as características do carvão, dentre elas, o grau de carbonificação desses combustíveis.

É inerente ao processo de formação de carvão a geração de CH₄, que é liberado para a atmosfera no processo de mineração. A quantidade de CH₄ liberada durante a mineração é função inicialmente da classificação do carvão, da profundidade em que se encontra, do seu conteúdo de gás e do método de mineração. Emissões de CO₂ também podem ocorrer em consequência da queima de carvão em depósitos e pilhas de dejetos.

O carvão brasileiro tem características muito diferentes da maior parte dos tipos de carvão de outros países. O carvão nacional tem baixo poder calorífico e alto teor de cinzas. Sendo assim o consumo do carvão só se justifica próximo à área de produção. A produção de carvão no país se concentra nos três estados do sul: Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Dois tipos de carvão mineral são produzidos no Brasil: o carvão energético, também chamado de carvão vapor, de aplicação industrial na geração de vapor e energia; e o carvão metalúrgico, de aplicação industrial para a redução nas indústrias siderúrgicas. A maior parte do carvão metalúrgico é importada.

A produção total de carvão em 1994, segundo o Sindicato Nacional da Indústria de Extração de Carvão Mineral - SNIIEC, foi de 9,7 milhões de toneladas, com 59% extraídos de minas subterrâneas e 41% de minas a céu aberto, conforme a Tabela 3.1.18.

Tabela 3.1.18 - Produção de carvão run-of-mine - 1990 a 1994

Tipo de Mina	1990	1991	1992	1993	1994	Part. 1994	Variação 90/94
	(10 ³ t)					(%)	(%)
Subterrânea	6.341	7.142	5.923	6.112	5.671	59	-10,6
A Céu Aberto	3.912	3.479	3.502	3.470	4.021	41	2,8
TOTAL	10.253	10.621	9.425	9.583	9.692	100	-5,5

Fonte: DNPM, 1995.

Emissões de Metano

Neste Inventário, foi adotada a abordagem Tier 2 do IPCC *Basin Specific Method*, que se baseia nas informações obtidas a partir dos valores de produção e dos fatores de emissão estimados por especialistas, por mina.

As emissões totais de CH₄ em 1990 foram estimadas em 59 Gg, diminuindo para 53 Gg em 1994, conforme a Tabela 3.1.19. Desse total, as minas subterrâneas contribuíram com 89%, as minas a céu aberto com 2% e as emissões pós-mineração com 9%. A redução das emissões (10%) no período de 1990 a 1994 deveu-se principalmente à redução na atividade de mineração subterrânea (-11%). Em 1991 foi registrado o máximo de emissões no período.

Tabela 3.1.19 - Emissões de CH₄ das minas de carvão - 1990 a 1994

Tipo de Mina	1990	1991	1992	1993	1994	Part. 1994	Variação 90/94
	(Gg)					(%)	
Mineração							
Subterrâneas	52,8	60,4	49,7	50,9	47,3	88,9	-10,4
A Céu Aberto	0,98	0,83	0,87	0,87	1,0	1,9	2,0
Total	53,8	61,2	50,5	51,8	48,3	90,8	-10,2
Pós-Mineração							
Subterrâneas	5,44	6,29	5,13	5,23	4,85	9,1	-10,8
A Céu Aberto	0,07	0,06	0,06	0,06	0,07	0,1	-
Total	5,51	6,35	5,20	5,29	4,92	9,2	-10,7
EMISSIONES TOTAIS	59,3	67,6	55,7	57,1	53,2	100,0	-10,3

Emissões de dióxido de carbono

O carbono presente no carvão mineral pode ser convertido em emissões de CO₂ a partir da combustão espontânea na armazenagem e nos rejeitos. Considera-se neste Inventário que todo o carvão *run-of-mine* - ROM extraído foi processado, produzindo carvão lavado e rejeitos. Para a avaliação das emissões de CO₂ decorrentes da combustão espontânea em pilhas de rejeito, estimou-se a quantidade do rejeito deste por meio dos registros nas empresas, dos balanços de massa e do teor médio de carbono no carvão mineral ROM e nos produtos beneficiados. Nessa avaliação, considerou-se o carvão ROM como um produto que não permanece como tal na mina após a extração, sendo imediatamente beneficiado ou vendido. Considerou-se, também, que todo o carbono presente no carvão ROM foi transferido tanto para os produtos beneficiados quanto para os rejeitos, sendo as perdas do processo contabilizadas nos rejeitos. Para o cálculo das emissões de CO₂, utilizou-se uma fração de oxidação de 50% para os rejeitos.

As emissões de CO₂ dos depósitos de carvão e pilhas de rejeitos foram estimadas em 1.653 Gg em 1990, reduzindo-se para 1.355 Gg em 1994.



Tabela 3.1.20 - Emissões de CO₂ das minas de carvão - 1990 a 1994

CO ₂	1990	1991	1992	1993	1994	Variação 90/94
	(Gg)					(%)
Total	1.653	1.690	1.338	1.350	1.355	-18

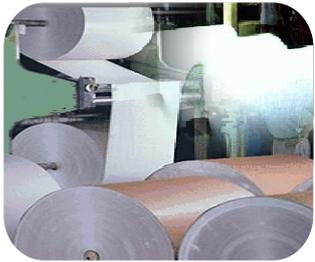
3.1.3.2 Emissões fugitivas do petróleo e do gás natural

Nesta categoria estão incluídas as emissões da produção, processamento, transporte e uso do petróleo e do gás natural e da combustão não relacionada à produção. Exclui o uso de óleo, gás natural e seus derivados que provêm energia para uso interno, para processos de produção de energia e para transporte, considerados queima de combustíveis e contabilizados no item 3.1.2. Inclui, no entanto, emissões resultantes da combustão de gás natural durante as operações de *flaring*.

A Tabela 3.1.21 mostra as emissões estimadas usando os fatores de emissão do IPCC. As emissões de CH₄ incluem aquelas liberadas durante a produção de petróleo e gás natural (*venting*), transporte, refino e estocagem. As emissões de CO₂ são aquelas relacionadas às atividades de *flaring*.

Tabela 3.1.21 - Emissões fugitivas de petróleo e gás natural - 1990 a 1994

Emissões Fugitivas	1990	1991	1992	1993	1994	Variação 90/94
	(Gg)					(%)
CO₂						
Total CO₂	3728	3647	3223	3593	3741	0,3
CH₄						
Transporte	2,87	2,76	2,91	3,05	2,82	- 1,7
Refinarias / Estocagem	1,98	1,92	1,98	1,99	2,13	7,6
Venting and Flaring	42,61	43,98	46,65	48,92	49,51	16,2
Petróleo	6,53	6,46	6,52	6,67	6,92	6,0
Gás Natural	2,71	3,04	2,98	3,28	4,31	59,0
Gás e Óleo combinados	33,37	34,48	37,15	38,97	38,28	14,7
Total CH₄	47,46	48,66	51,54	53,96	54,46	14,7



Processos Industriais





3.2 Processos Industriais

O setor industrial é responsável por uma parte das emissões de CO₂ por queima de combustíveis fósseis. Além dessas emissões, que são incluídas no item 3.1.2, referente ao setor Energia, algumas indústrias geram gases de efeito estufa como subproduto dos seus processos produtivos.

Os principais processos industriais que produzem emissões de CO₂ no Brasil são a produção de cimento, a produção de cal, a produção de alumínio e a produção de amônia. Emissões de N₂O ocorrem principalmente no processo de produção de ácido adípico. Durante a produção de alumínio podem ocorrer emissões de PFC (CF₄ e C₂F₆). Emissões de HFC ocorrem durante a sua utilização no setor de refrigeração e durante a produção de HCFC-22. Durante a produção de alumínio também ocorrem emissões de CO. O principal processo gerador de NO_x é a produção de papel e celulose. O subsetor de alimentos e bebidas é responsável pela grande maioria das emissões de NMVOC pelos processos industriais.

3.2.1 Produtos Minerais

3.2.1.1 Produção de Cimento

Em 1994, o Brasil ocupava a 11ª posição na produção de cimento no mundo, com 1,9% da produção mundial. O cimento é produzido em diversas Unidades da Federação, sendo o estado de Minas Gerais o maior produtor (24%). O estado de São Paulo ocupava o segundo lugar (20%), seguido dos estados do Paraná (9%) e do Rio de Janeiro (8%).

O cimento Portland é, basicamente, uma mistura de clínquer com gesso. O clínquer é obtido a partir da calcinação de calcário, processo onde ocorrem as emissões de CO₂. Em 1994, a produção de cimento foi de 25 milhões de toneladas e a de clínquer, 18 milhões de toneladas. A Tabela 3.2.1 apresenta os dados para o período de 1990 a 1994.

Tabela 3.2.1 - Produção de cimento - 1990 a 1994

Produto	1990	1991	1992	1993	1994	Variação 90/94
	(10 ⁶ t)					(%)
Clínquer	20,16	21,46	17,75	18,41	18,41	- 8,7
Cimento	25,85	27,49	23,90	24,84	25,23	- 2,4

Fonte: Sindicato Nacional das Indústrias de Cimento – SNIC.

Cerca de 90% do cimento brasileiro apresenta-se misturado a outros compostos, resultando em um conteúdo de clínquer no cimento (73%) bem mais baixo que a média mundial. O valor *default* do IPCC para o conteúdo de clínquer no cimento é de 98%.

Por esse motivo as emissões de CO₂ na indústria do cimento foram estimadas a partir da produção de clínquer e não a partir da produção de cimento. Utilizou-se o valor *default* do IPCC de 0,5071 t CO₂/ t clínquer, obtendo-se um total de 9,3 Tg CO₂ em 1994, como se observa na Tabela 3.2.2.

Tabela 3.2.2 - Emissões da produção de cimento - 1990 a 1994

Gás	1990	1991	1992	1993	1994	Variação 90/94
	(Gg)					(%)
CO ₂	10.224	10.881	9.000	9.334	9.337	-8,7

3.2.1.2 Produção de cal

O processo de produção de cal consiste na decomposição térmica (calcinação) do carbonato de cálcio contido no calcário (CaCO₃) e dolomita (CaCO₃·MgCO₃), com produção de cal calcítica (CaO) e cal dolomítica (CaO·MgO) e liberação de CO₂.

Em 1994, o Brasil era o sétimo maior produtor mundial de cal. A Tabela 3.2.3 apresenta a produção de cal virgem e cal hidratada (Ca(OH)₂ ou Ca(OH)₂·Mg(OH)₂), para o período de 1990 a 1994.

Tabela 3.2.3 - Produção de cal

Produto	1990	1991	1992	1993	1994	Variação 90/94
	(10 ⁶ t)					(%)
Cal Virgem	3,47	3,45	3,77	4,05	3,90	12
Cal Hidratada	1,43	1,55	1,47	1,58	1,52	7
TOTAL	4,90	5,00	5,24	5,63	5,42	11

Fontes: DNPM, 1995 e 1997;
Associação Brasileira de Produtores de Cal -

As emissões de CO₂ resultantes do processo de produção de cal foram estimadas em 3,7 Tg em 1990 e 4,2 Tg em 1994, com um crescimento de 11% no período, conforme a Tabela 3.2.4.

Tabela 3.2.4 - Emissões da produção de cal - 1990 a 1994

Gás	1990	1991	1992	1993	1994	Variação 90/94
	(Gg)					(%)
CO ₂	3.743	3.807	4.009	4.312	4.152	10,9

3.2.1.3 Produção e consumo de barrilha

A barrilha (carbonato neutro de sódio, Na₂CO₃) é usada como insumo em um grande número de indústrias, incluindo a manufatura de vidro, sabão e detergente, produção de papel e de polpa de celulose e tratamento de água. O CO₂ é emitido a partir do uso da barrilha e pode ser emitido também durante sua produção, dependendo do processo industrial usado para fabricá-la.

Quatro diferentes processos podem ser usados comercialmente para produzir barrilha. Três deles são referidos como processos naturais e usam trona como insumo básico. O quarto, o processo Solvay, é classificado como processo sintético. Os processos naturais são os únicos que produzem emissões de CO₂ durante a fabricação

de barrilha. Toda a produção brasileira é feita usando o processo sintético e, portanto, nenhuma emissão líquida ocorre.

Também é emitido CO₂ quando a barrilha é consumida na indústria. Os dados sobre produção, importação e exportação de barrilha no Brasil são mostrados na Tabela 3.2.5. O consumo de barrilha foi 439 mil toneladas em 1990, chegando a 451 mil toneladas em 1994.

Tabela 3.2.5 - Dados sobre o consumo de barrilha - 1990 a 1994

	1990	1991	1992	1993	1994	Variação 90/94
	(10 ³ t)					(%)
Produção	195,89	207,61	220,60	231,39	219,47	12
Importação	242,79	253,61	179,78	218,95	231,83	- 5
Exportação	0,00	0,00	0,00	0,01	0,26	-
Consumo Líquido	438,68	461,22	400,38	450,33	451,04	3

Fonte: ABIQUIM, 1997.

As estimativas das emissões de CO₂ foram feitas utilizando o fator de emissão *default* do IPCC. Em 1990, totalizaram 182 Gg, aumentando para 187 Gg em 1994, conforme a Tabela 3.2.6.

Tabela 3.2.6 - Emissões pelo consumo de barrilha - 1990 a 1994

Gás	1990	1991	1992	1993	1994	Variação 90/94
	(Gg)					(%)
CO ₂	182,1	191,4	162,3	186,9	187,2	2,8

3.2.2 Indústria química

3.2.2.1 Produção de amônia

A produção de amônia (NH₃) está baseada na reforma a vapor catalítico do gás natural. Como resultado do processo de manufatura, há produção de CO₂, que depende da quantidade e composição do gás natural usado no processo. Pode-se, porém, estimar essas emissões baseando-se na produção total de amônia.

Depois de uma queda significativa de 12% em 1991, a produção de amônia retomou o índice de 1990 em 1993, chegando a 1,2 milhões de toneladas em 1994, conforme a Tabela 3.2.7.

Tabela 3.2.7 - Produção de amônia - 1990 a 1994

Produto	1990	1991	1992	1993	1994	Variação 90/94
	(10 ³ t)					(%)
Amônia	1.153	1.012	1.038	1.153	1.157	0,4

Fonte: ABIQUIM, 1995 e 1997.

Na avaliação das emissões foi utilizado um fator específico do país, de 1,125 t CO₂ / t amônia, de acordo com as tecnologias utilizadas, conforme informação da Associação Brasileira da Indústria Química - ABIQUIM. As emissões de 1994 foram estimadas em 1,3 Tg CO₂, conforme a Tabela 3.2.8.

Tabela 3.2.8 - Emissões da produção de amônia - 1990 a 1994

Gás	1990	1991	1992	1993	1994	Variação 90/94
	(Gg)					(%)
CO ₂	1.297	1.139	1.168	1.298	1.301	0,4

3.2.2.2 Produção de Ácido Nítrico

O ácido nítrico é usado como matéria prima principalmente na manufatura de fertilizantes de base nitrogenada. Pode também ser usado na produção de ácido adípico e de explosivos, para a gravação em metais e no processamento de metais ferrosos.

A produção de ácido nítrico gera N₂O como subproduto da oxidação catalítica de alta temperatura da amônia. Além disso, pode haver emissões de NO_x não derivadas de combustão.

A produção de ácido nítrico totalizou 554 mil toneladas em 1994, com um aumento de 43% em relação a 1990, conforme a Tabela 3.2.9.

Tabela 3.2.9 - Produção de ácido nítrico - 1990 a 1994

Produto	1990	1991	1992	1993	1994	Variação 90/94
	(10 ³ t)					(%)
Ácido nítrico	386,89	404,82	398,61	416,79	554,26	43

Fonte: ABIQUIM, 1995 e 1997.

Para estimar as emissões de N₂O e NO_x foram utilizados fatores de emissão específicos do país, de 1 kg N₂O e 1,75 kg NO_x, por tonelada de ácido nítrico produzido, respectivamente, de acordo com as tecnologias utilizadas. Esses valores foram informados pela ABIQUIM. As emissões foram estimadas em 0,55 Gg N₂O e 0,97 Gg NO_x, em 1994, conforme a Tabela 3.2.10.

Tabela 3.2.10 - Emissões da produção de ácido nítrico - 1990 a 1994

Gás	1990	1991	1992	1993	1994	Variação 90/94
	(Gg)					(%)
N ₂ O	0,39	0,40	0,40	0,42	0,55	43
NO _x	0,68	0,71	0,70	0,73	0,97	43



3.2.2.3 Produção de Ácido Adípico

O ácido adípico é utilizado na manufatura de um grande número de produtos, como fibras sintéticas, capas, plásticos, espumas de uretana, elastômeros e lubrificantes sintéticos. Num dos estágios da sua produção há uma oxidação operada pelo ácido nítrico, gerando N₂O como subproduto. A produção de ácido adípico também resulta em emissões de CO e NO_x.

Em 1994, a produção de ácido adípico foi de 52 mil toneladas, tendo crescido 62% em relação a 1990, conforme a Tabela 3.2.11.

Tabela 3.2.11 - Produção de ácido adípico - 1990 a 1994

Produto	1990	1991	1992	1993	1994	Variação 90/94
	(10 ³ t)					(%)
Ácido adípico	31,95	41,68	38,54	51,26	51,82	62

Fonte: ABIQUIM, 1995 e 1997.

Para estimar as emissões de N₂O, CO e NO_x foram utilizados-se fatores de emissão específicos do país, de 250 kg N₂O, 16 kg CO e 5 kg NO_x, por tonelada de ácido nítrico produzido,

respectivamente, de acordo com as tecnologias utilizadas. Esses valores foram informados pela ABIQUIM. As emissões foram estimadas em 13 Gg N₂O, 0,83 Gg CO e 0,26 Gg NO_x em 1994, conforme a Tabela 3.2.12.

Tabela 3.2.12 - Emissões da produção de ácido adípico - 1990 a 1994

Gás	1990	1991	1992	1993	1994	Variação 90/94
	(Gg)					(%)
N ₂ O	7,99	10,42	9,64	12,82	12,96	62
CO	0,51	0,67	0,62	0,82	0,83	62
NO _x	0,16	0,21	0,19	0,26	0,26	62

3.2.2.4 Produção de outros Produtos Químicos

A fabricação de outros produtos químicos pode resultar em emissões de gases de efeito estufa, principalmente de NMVOC. Tais emissões dependem diretamente dos processos industriais e das condições operativas.

A Tabela 3.2.13 mostra a produção anual de outros produtos químicos no período de 1990 a 1994.

Tabela 3.2.13 - Produção de outros produtos químicos - 1990 a 1994

Produto	1990	1991	1992	1993	1994	Variação 90/94
	(t)					(%)
ABS	27.000	26.300	28.300	32.000	32.100	19
Acrilonitrila	78.000	63.470	74.159	74.258	76.522	-2
Anidrido ftálico	65.645	77.364	77.210	76.037	91.390	39
Borracha de butadieno estireno (SBR)	184.692	188.639	196.400	191.623	209.409	13
Caprolactama	42.059	47.193	41.699	50.824	50.838	21
Cloreto de vinila monômero (MVC)	480.415	331.897	333.782	381.824	409.757	-15
Dicloroetano	538.183	369.538	420.540	495.139	499.934	-7
Estireno	306.217	279.963	253.605	223.413	261.613	-15
Eteno	1.499.714	1.448.812	1.505.573	1.709.460	1.895.754	26
Etilbenzeno	441.007	314.440	286.812	237.793	345.514	-22
Formaldeído	177.391	194.594	206.421	244.942	261.775	48
Negro de fumo	178.395	182.567	186.422	197.248	204.301	15
Policloreto de vinila (PVC)	504.330	500.264	488.940	510.794	593.413	18
Poliestireno	134.332	154.718	136.572	163.356	153.641	14
Polietileno PEAD	322.219	339.233	311.100	429.565	478.549	49
Polietileno PEBD	626.028	585.374	570.475	609.139	609.248	-3
Polietileno PELBD	-	-	-	103.610	133.433	-
Polipropileno	303.841	356.319	374.992	478.288	521.540	72
Propeno	793.544	779.224	826.543	974.982	1.086.330	37

Fonte: ABIQUIM, 1995 e 1997.

Os fatores de emissão utilizados para os demais produtos químicos foram os *default* do IPCC, com algumas exceções anotadas na Tabela 3.2.14. As emissões brasileiras correspondentes são apresentadas na Tabela 3.2.15.

Tabela 3.2.14 - Fatores de emissão dos outros produtos químicos - 1990 a 1994

Produto	CH ₄	N ₂ O	NO _x	NMVOG
	(kg/t)			
ABS				27,2
Acrilonitrila				1
Anidrido ftálico*				1,3
Borracha de butadieno estireno (SBR)**				5,8
Caprolactama**		0,35		
Cloreto de vinila monômero (MVC)**				8,5
Dicloroetano				2,2
Estireno	4			18
Eteno	1			1,4
Etilbenzeno				2
Formaldeído				5
Negro de fumo**			0,14	
Policloreto de vinila (PVC)*				1,5
Poliestireno*				3,3
Polietileno PEAD				6,4
Polietileno PEBD				3
Polietileno PELBD				2
Polipropileno				12
Propeno				1,4

* Fonte: CORINAIR, 1996.

** Fonte: GRUMAN *et al*, 2002.

Tabela 3.2.15 - Emissões totais da produção de outros químicos - 1990 a 1994

Gás	1990	1991	1992	1993	1994	Varição 90/94
	(Gg)					(%)
CH ₄	2,73	2,57	2,52	2,60	2,94	8
N ₂ O	0,015	0,017	0,015	0,018	0,018	20
NO _x	0,025	0,026	0,026	0,028	0,029	16
NMVOG	26,5	24,8	24,7	27,8	30,6	15

3.2.3 Indústria Metalúrgica

3.2.3.1 Produção de Ferro e Aço

O Brasil ocupou, em 1994, a oitava posição no *ranking* mundial, com uma produção de 25,7 milhões de toneladas, o que representou aproximadamente 4% da produção mundial de aço, conforme a Tabela 3.2.16.

Tabela 3.2.16 - Produção de aço bruto

	1970	1980	1990	1994	Varição 90/94
	(10 ⁶ t)				(%)
Mundo	595,4	715,6	770,5	725,2	-6
América Latina	13,2	28,9	38,2	46,0	20
Brasil	5,4	15,3	20,6	25,7	25
Participação brasileira no mundo	1%	2%	3%	4%	
Participação brasileira na América Latina	41%	53%	54%	56%	
Posição relativa do Brasil no mundo	18°	10°	9°	8°	

Fontes: *International Iron & Steel Institute - IISI*; *Instituto Latinoamericano del Fierro y el Acero - ILAFA*; *Instituto Brasileiro de Siderurgia - IBS*.

Na América Latina, o Brasil é o maior produtor de aço (56% em 1994).

O parque brasileiro conta com 11 usinas integradas e 15 semi-integradas, administradas por 15 empresas, sendo que cerca de 80% da produção brasileira de aço bruto provém das usinas integradas.

A siderurgia usa principalmente o coque de carvão mineral e carvão vegetal para geração de energia e como agente redutor do minério de ferro (este último no caso de usinas integradas, onde cerca de 70% da produção de ferro-gusa utiliza coque como agente redutor e o restante, carvão vegetal). Posteriormente, uma fração do carbono é incorporada aos produtos e a maior parte é emitida para a atmosfera na forma de CO₂.

Para a estimativa das emissões de CO₂, é importante fazer distinção entre o combustível utilizado para gerar energia e o combustível utilizado no processo químico.

Segundo o *International Iron and Steel Institute - IISI*, o processo de produção de ferro-gusa (coqueria, sinterização/pelotização e alto-forno) consome entre 60 e 70% do total da energia consumida em usinas integradas, sendo devido, principalmente, ao uso do coque como agente redutor na transformação do minério de ferro em ferro gusa.

Além do coque de carvão mineral e do carvão vegetal, outros combustíveis, como o óleo diesel, o óleo combustível, o GLP e o gás natural podem também ser utilizados no processo siderúrgico tanto para combustão quanto para redução do minério de ferro.

As usinas semi-integradas não têm a etapa de redução e, em consequência, consomem carbono basicamente com fins energéticos.

Neste Inventário, foram utilizadas as informações de consumo de combustíveis provenientes do Balanço Energético Nacional (MME, 1998), não tendo sido possível separar as emissões por combustão das emissões por redução do minério. Por esse motivo a emissão total foi estimada no setor Energia (item 3.1).

3.2.3.2 Produção de Ferroligas

Ferroligas é um termo usado para descrever ligas concentradas de ferro e um ou mais metais, tais como silício, manganês, cromo, molibdênio, vanádio e tungstênio. Tais ligas são usadas para desoxidar e alterar as propriedades físicas do aço. As fábricas de ferroligas produzem compostos



concentrados que são despachados para as aciarias para serem incorporados às diversas ligas de aço. A produção de ferroligas envolve o processo de redução metalúrgica, que resulta em emissões de CO₂.

Na produção de ferroligas, o minério é derretido junto com coque e escória sob alta temperatura. Durante a fusão das ferroligas, a reação de redução ocorre em alta temperatura. O carbono captura o oxigênio dos óxidos metálicos para formar CO₂, enquanto que os minerais são reduzidos a metais básicos derretidos. Conseqüentemente, os metais presentes combinam-se na solução.

A metodologia mais adequada é estimar as emissões a partir das quantidades de agente redutor usadas. As emissões também podem ser estimadas a partir do volume de produção. O IPCC sugere valores *default*, supondo a utilização somente de carbono fóssil.

Os dados de produção nacional por tipo de liga estão dispostos na Tabela 3.2.17.

Tabela 3.2.17 - Produção de ferroligas

Tipo de Liga	1990	1991	1992	1993	1994	Variação 90/94
	(10 ³ t)					(%)
Ferro-silício (50% Si)	5,47	5,49	4,62	5,34	3,06	-44
Ferro-silício (75% Si)	223,94	185,38	239,22	233,53	195,45	-13
Silício metálico	131,61	106,00	93,73	90,38	90,02	-32
Ferroligas à base de manganês	170,50	169,10	178,94	201,52	199,67	17
Silício-manganês	216,78	272,05	300,00	284,15	248,16	14
Ferro-cromo	83,75	82,22	91,10	83,89	77,16	-8
Ferro-cromo-silício	4,97	4,52	6,76	4,13	7,74	56
Outras	102,25	110,52	104,18	117,23	115,11	13
TOTAL	939,28	935,28	1.018,55	1.020,16	936,35	- 0,3

Fonte: ABRAFE, 1996.

No Brasil, a produção de ferroligas utiliza carvão vegetal predominantemente, conforme a Tabela 3.2.18.

Tabela 3.2.18 - Produção brasileira de ferroligas a carvão vegetal - 1990 a 1994

	1990	1991	1992	1993	1994	Variação 90/94
	(10 ³ t)					(%)
Produção Total	939,28	935,28	1.018,55	1.020,16	936,35	-0,3
Produção a Carvão Vegetal	911,10	907,22	998,18	999,76	908,26	-0,3
Participação da Produção a Carvão Vegetal	97%	97%	98%	98%	97%	

Fontes: ABRAFE, 1996; ABRACAVE, 1996.

A partir dessas informações, é possível estimar a parcela da produção de ferroligas que utiliza carvão mineral e coque e que, portanto, emite o CO₂, que deve ser contabilizado. Neste Inventário, no entanto, dada a impossibilidade de se separar as emissões por combustão das emissões por redução do minério, todas foram estimadas conjuntamente no setor Energia (item 3.1).

3.2.3.3 Produção de alumínio

O Brasil possui a terceira maior reserva de bauxita do mundo. Esse fator, aliado ao grande potencial hidráulico, às condições geográficas favoráveis e à tradição industrial brasileira na área de metalurgia, coloca o Brasil na sexta posição entre os maiores produtores mundiais de alumínio primário. Em 1994, foram produzidas 1,2 milhão de toneladas de alumínio primário, representando 6% do total mundial. A Tabela 3.2.19 apresenta os dados de produção, importação e exportação de alumínio no Brasil.

Tabela 3.2.19 - Produção, importação e exportação de alumínio - 1990 a 1994

Produção, importação e exportação de alumínio		1990	1991	1992	1993	1994	Variação 90/94
		(10 ³ t)					(%)
Produção primária de alumínio (por processo)	Soderberg	378,9	407,4	409,3	385,5	384,7	2
	Prebaked Anode	551,7	732,2	784,0	786,5	799,9	45
	Total	930,6	1.139,6	1.193,3	1.172,0	1.184,7	27
Importações (metais primários, ligas e manufaturados)		16,1	19,6	19,7	32,6	55,0	242
Exportações (metais primários, ligas e manufaturados)		639,4	829,5	872,6	873,0	876,1	37

Fonte: Associação Brasileira do Alumínio - ABAL.

O alumínio primário é produzido por meio de um processo de redução eletrolítica. A reação ocorre num recipiente de carbono que age como cátodo e que contém a solução eletrolítica. O ânodo de carbono é parcialmente submerso na solução e consumido ao longo do processo.

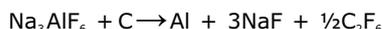
A eletrólise do óxido de alumínio produz alumínio fundido, que se deposita no cátodo, e oxigênio, que se deposita no ânodo e reage com o carbono produzindo emissões de CO₂. Alguma quantidade de CO₂ é também produzida quando o ânodo reage com outras fontes de oxigênio (como o ar). O processo de produção de alumínio primário pode utilizar dois tipos principais de tecnologia, Soderberg e Prebaked Anode. A distinção entre essas tecnologias está relacionada ao tipo de ânodo utilizado.

A metodologia indicada pelo IPCC para estimar as emissões de CO₂ resultantes do processo de produção de alumínio consiste em multiplicar a quantidade produzida de alumínio por um fator de emissão, dependendo da tecnologia utilizada: 1,8 t CO₂/ t Al, para o processo Soderberg, e 1,5 t CO₂/ t Al, para o processo Prebaked Anode.

Na indústria do alumínio, as principais emissões são de gases PFC, que são produzidos, eventualmente, quando não se consegue controlar adequadamente a relação entre as substâncias na

cuba eletrolítica, durante a produção primária do alumínio. Essas ocorrências são indesejáveis também do ponto de vista da indústria, pois acarretam uma baixa na produtividade.

Na produção primária do alumínio, a alumina (Al₂O₃) é dissolvida num fluoreto fundido, que consiste principalmente de criolita (Na₃AlF₆). Quando uma célula eletrolítica de alumínio está operando normalmente, as mensurações demonstram que não há produção de PFC. Contudo, se o óxido de alumínio contido na solução dilui-se muito, abaixo de 1,5%, ocorre um rápido aumento de voltagem (efeito anódico) e a solução passa a reagir com o carbono, produzindo gases PFC, de acordo com as seguintes reações:



Portanto, a emissão de PFC durante os efeitos anódicos depende da frequência e duração desses efeitos.

Como as emissões de CF₄ e C₂F₆ variam dependendo do tipo de tecnologia utilizada, os fatores de emissão devem ser escolhidos de acordo com a tecnologia e aplicados à produção nacional de alumínio primário.

As emissões de CF₄ e C₂F₆ foram reportadas pelas próprias indústrias, tendo sido estimadas utilizando-se a metodologia de Tabereaux ou o método de espectrometria infravermelha com transformada de Fourier. Os fatores de emissão foram estimados pelas indústrias apenas a partir do ano de 1994 e são mostrados na Tabela 3.2.20. As emissões para os anos no período 1990 a 1993 foram estimadas utilizando os fatores de 1994.

Tabela 3.2.20 - Fatores de emissão de PFC para o Brasil, em 1994

Tecnologia	CF ₄	C ₂ F ₆
	(kg/t alumínio produzido)	
Soderberg	0,46	0,046
Prebaked Anode	0,21	0,021

Fonte: Associação Brasileira do Alumínio - ABAL.

Na produção de alumínio também ocorrem emissões de CO e NO_x que podem ser estimadas a partir de fatores de emissão sugeridos pelo IPCC.

As emissões referentes ao cozimento do ânodo estão presentes apenas no processo Prebaked Anode, onde os ânodos são preparados previamente.

As emissões de CO₂ da produção de alumínio foram estimadas em 1,9 Tg em 1994. As emissões de PFC foram estimadas em 0,34 Gg CF₄ e 0,034 Gg C₂F₆. A Tabela 3.2.21 apresenta as estimativas de emissão para o período de 1990 a 1994.

Tabela 3.2.21 - Emissões totais da produção de alumínio - 1990 a 1994

Gás	1990	1991	1992	1993	1994	Varição 90/94
	(Gg)					(%)
CO ₂	1.510	1.832	1.913	1.874	1.892	25
CF ₄	0,290	0,341	0,352	0,342	0,345	19
C ₂ F ₆	0,029	0,034	0,035	0,034	0,034	19
NO _x	2,00	2,45	2,57	2,52	2,55	28
CO	346	447	475	473	480	39

3.2.4 Indústria de Papel e Celulose

O setor de Papel e Celulose é composto por 220 empresas que operam 255 unidades industriais localizadas em 16 estados brasileiros.

Essa indústria conta com 1,4 milhão de hectares de florestamentos próprios, principalmente os gêneros *Eucalyptus* (62%) e *Pinus* (35%) A produção de celulose é feita, exclusivamente, a partir de madeira oriunda de florestas plantadas.

A preparação da pasta celulósica para papéis e outras finalidades consiste na separação das fibras dos demais componentes da madeira, principalmente a lignina, que confere rigidez à madeira.

Alguns tipos de madeira, tais como pinho e araucária, possuem fibras longas (3 a 5 mm), enquanto que as de eucalipto possuem fibras mais curtas e finas (0,8 a 1,2 mm). As do primeiro grupo são denominadas coníferas ou *softwood* (madeira macia), enquanto as do segundo grupo são conhecidas por folhosas ou *hardwood* (madeira dura).

Os processos de preparação da pasta celulósica são muitos e variam desde os puramente mecânicos até os químicos, nos quais a madeira é tratada com produtos químicos, pressão e calor (temperaturas maiores que 150°C) para dissolver a lignina. O uso de produtos químicos no processo é que gera emissões de gases de efeito estufa.

A produção de papel e pasta de celulose possui três fases principais: a polpação, o branqueamento e a produção de papel. O tipo de polpação e a quantidade de branqueamento usados dependem da natureza da matéria-prima e a qualidade desejada do produto final. A polpação do tipo Kraft é o processo mais largamente utilizado.

No Brasil, o processo mais utilizado é uma variação do Kraft, o Sulfato, que utiliza os mesmos produtos químicos, empregando-se, porém, maiores dosagens de sulfeto de sódio e soda cáustica, além do cozimento ser feito por mais tempo e a temperaturas mais elevadas. É considerado como o mais adequado para a obtenção de pastas químicas provenientes de eucalipto. Durante o processo ocorrem emissões de CO, NO_x e NMVOC.

A Tabela 3.2.22 apresenta a produção brasileira de pastas de celulose para cada ano do período de 1990 a 1994, por tipo de processo produtivo.



Tabela 3.2.22 - Produção brasileira de pastas de celulose por tipo de processo produtivo

Tipo de celulose / processo químico	1990	1991	1992	1993	1994
	(t)				
Celulose Química	3.843.747	4.275.509	4.795.270	4.958.204	5.342.744
Sulfato	3.593.547	4.018.086	4.512.600	4.723.283	5.127.981
Soda	218.989	225.286	252.447	210.287	188.304
Sulfito	22.386	22.153	21.956	16.448	19.331
Cal	8.825	9.984	8.267	8.186	7.128
Celulose Semiquímica	70.941	71.011	75.297	51.984	33.527
Sulfito Neutro	10.281	12.759	10.498	10.196	3.522
Soda	45.083	40.856	48.377	28.898	27.225
Cal	15.577	17.396	16.422	12.890	2.780
Pastas de Alto Rendimento	436.455	431.596	431.777	460.742	452.599
Mecânica	338.161	331.146	312.714	316.185	307.663
Quimimecânica	6.748	5.526	7.676	8.772	6.415
Termomecânica	88.564	93.465	80.560	82.452	89.722
Quimitermomecânica	2.982	1.459	30.827	53.333	48.799
TOTAL	4.351.143	4.778.116	5.302.344	5.470.930	5.828.870

Fonte: Associação Brasileira de Celulose e Papel - BRACELPA.

Tabela 3.2.24 - Produção brasileira de alimentos - 1990 a 1994

Neste Inventário, os fatores de emissão sugeridos pelo IPCC para o processo Kraft foram utilizados para o processo Sulfato, responsável por 88% da produção em 1994, não estando disponível informação sobre ocorrência de emissões para os outros processos. As emissões de gases de efeito estufa do setor são apresentadas na Tabela 3.2.23.

Produto	1990	1991	1992	1993	1994	Variação 90/94
	(10 ³ t)					(%)
Carnes, peixes e aves	7.010	7.635	7.981	8.511	8.821	26
Açúcar	9.342	9.607	10.647	10.164	10.372	11
Margarinas e gorduras sólidas para cozinha	356	336	314	304	366	3
Bolos, biscoitos e cereais matinais	580	676	600	665	742	28
Pães	3.548	3.612	3.587	3.587	3.712	5
Rações animais	8.258	8.613	8.639	8.998	9.832	19
Café torrado	394	408	427	437	446	13

Fonte: Associação Brasileira das Indústrias de Alimentação - ABIA.

Tabela 3.2.23 - Emissões relativas à produção de celulose no Brasil - 1990 a 1994

Gás	1990	1991	1992	1993	1994	Variação 90/94
	(Gg)					(%)
CO	20,12	22,50	25,27	26,45	28,72	43
NO _x	5,39	6,03	6,77	7,08	7,69	43
NMVOC	13,30	14,87	16,70	17,48	18,97	43

3.2.5 Alimentos e bebidas

No processamento industrial de alimentos e na produção de bebidas pode ocorrer a emissão de NMVOC. O IPCC apresenta fatores de emissão para alguns subsetores. Na ausência de informação adicional, tais fatores foram adotados neste Inventário. A Tabela 3.2.24 apresenta a produção brasileira para essas indústrias, para o período de 1990 a 1994. Os processos de extração de óleos vegetais são tratados no setor Uso de Solventes e Outros Produtos (item 3.3).

Na produção de bebidas alcoólicas, ocorrem emissões de NMVOC durante a fermentação de cereais e frutas. Para a estimativa dessas emissões foram também utilizados os fatores de emissão *default* do IPCC. A Tabela 3.2.25 apresenta a produção brasileira de bebidas, para o período de 1990 a 1994.

Tabela 3.2.25 - Produção brasileira de bebidas - 1990 a 1994

Produto	1990	1991	1992	1993	1994	Variação 90/94
	(10 ⁶ l)					(%)
Vinho	309	293	277	261	245	-21
Cerveja	5.499	5.786	4.966	5.145	6.088	11
Destilados (cachaca)	1.125	1.080	1.035	1.080	1.035	-8

Fontes: Associação Brasileira das Indústrias de Alimentação - ABIA;
 União Brasileira de Vitivinicultura - UVIBRA;
 Associação Brasileira de Bebidas - ABRABE.

As emissões do setor alimentos e bebidas estão apresentadas, para o período de 1990 a 1994, na Tabela 3.2.26.

Tabela 3.2.26 - Emissões de NMVOC da produção de alimentos e bebidas - 1990 a 1994

Setor	1990	1991	1992	1993	1994	Variação 90/94
	(Gg)					(%)
Indústria de Alimentos	136,52	140,13	150,17	145,83	150,54	10
Indústria de Bebidas	170,92	164,26	157,21	164,01	157,58	-8
TOTAL	307,44	304,39	307,38	309,84	308,12	0

3.2.6 Emissões Relacionadas à Produção de Hidrofluorcarbonos

No Brasil no período de 1990 a 1994, não há produção de HFC, ocorrendo somente a emissão do gás HFC-23, gerado como subproduto da produção de HCFC-22. As emissões foram estimadas utilizando-se os fatores de emissão *default* pelo IPCC, conforme a Tabela 3.2.27.

Tabela 3.2.27 - Emissões de HFC-23 devido à produção de HCFC-22 - 1990 a 1994

Produto/sub produto	1990	1991	1992	1993	1994	Variação 90/94
	(Gg)					(%)
Produção de HCFC-22	3,01	3,44	4,09	4,31	3,92	30
Emissões de HFC-23	0,120	0,138	0,164	0,172	0,157	30

3.2.7 Emissões Relacionadas ao Consumo de Hidrofluorcarbonos

Em refrigeração e condicionamento de ar, os gases HFC são utilizados como as principais alternativas para os CFC, como fluidos refrigerantes. Esse foi praticamente o único setor em que houve utilização de HFCs no período de 1990 a 1994.

Outro setor passível de utilizar hidrofluorcarbonos é a indústria de fabricação de espumas plásticas, onde são também usados em substituição aos gases CFC como agentes de expansão tanto para espumas rígidas (isolamento) quanto para espumas flexíveis (estruturais). No caso brasileiro nesse período, este setor não registrou utilização significativa de HFC, não tendo havido, conseqüentemente, emissões. Da mesma forma, HFC poderiam ser utilizados como substitutos de CFC em extintores de incêndio específicos, que, no entanto, não eram encontrados no Brasil.

A metodologia do IPCC para estimar as emissões de fluidos refrigerantes requer informações, tais como inventário de equipamentos por tipo e quantidade de gás utilizado e estimativa de perda por equipamento, que, por ora, não estão disponíveis no Brasil. Como o uso de HFC no país era

pequeno no período, optou-se pelo uso da metodologia simplificada (*Tier 1*), que permite uma estimativa do potencial das emissões, segundo a fórmula:

$$\text{Potencial de Emissões} = \text{Produção} + \text{Importação} - \text{Exportação} - \text{Destruição}$$

Para o setor refrigeração e ar condicionado, apenas a partir de 1994 é que começou a utilização significativa de HFC no Brasil, quando ocorreu a importação de 125 t de HFC-134a. Não há registro de produção, exportação ou destruição do gás no período de 1990 a 1994.

A Tabela 3.2.28 apresenta as estimativas de emissões de HFC devidas à sua utilização.

Tabela 3.2.28 - Emissões relativas à utilização de HFC - 1990 a 1994

Gás	1990	1991	1992	1993	1994	Variação 90/94
	(t)					(%)
HFC-134a	-	-	-	-	125	-

3.2.8 Emissões Relacionadas ao Consumo de Hexafluoreto de Enxofre

O SF₆, em face de suas excelentes propriedades como isolante inerte, não tóxico, de alta rigidez dielétrica, refrigerante não inflamável, termicamente estável e com poder de auto-regeneração, permitiu o desenvolvimento de equipamentos elétricos de alta capacidade e desempenho, além de mais compactos, leves e seguros. Destacam-se, dentre os equipamentos elétricos que foram desenvolvidos em função do SF₆, os disjuntores e as subestações blindadas, que utilizam cerca de 10% do espaço físico das subestações convencionais equivalentes.

No Brasil, não há produção de SF₆, mas ocorrem emissões devido a vazamentos de gás em subestações blindadas isoladas a SF₆. Pesquisa realizada no período de 1991 a 1993 concluiu que, para uma quantidade total de 207.553 kg instalados, foram lançados na atmosfera cerca de 1.800 kg/ano devido a vazamentos nessas subestações. Não estando disponíveis outras informações, esse valor foi considerado como estimativa anual de emissão para o período de 1990 a 1994.

A Tabela 3.2.29 apresenta as estimativas de emissões de SF₆, devidas à sua utilização.

Tabela 3.2.29 - Emissões da utilização de SF₆ - 1990 a 1994

Gás	1990	1991	1992	1993	1994	Variação 90/94
	(t)					(%)
SF ₆	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	-



Uso de Solventes e outros Produtos





3.3 Uso de Solventes e Outros Produtos

Neste item são apresentadas as séries de emissões de NMVOC provenientes do uso de solventes no Brasil, para o período de 1990 a 1994. Em alguns setores, as emissões podem eventualmente incluir o CH₄, sendo então representadas como compostos orgânicos voláteis - VOC.

Seguindo a abordagem da metodologia CORINAIR (1996), são enfocadas as seguintes atividades: aplicação em tintas, desengraxe de metais, limpeza a seco, processamento de espumas de poliestireno e de poliuretano, indústria de impressão, extração de óleos vegetais comestíveis, uso doméstico, aeração de asfalto e preservação de madeira.

Cabe de antemão, destacar dois obstáculos na geração de estimativas: a precariedade dos dados estatísticos, particularmente, nos níveis de desagregação de informação requeridos e a inexistência de fatores de emissões apropriados para os gases NMVOC e as atividades abrangidas nesse setor.

Assim sendo, ao se abordar uma atividade específica que possa ter alguma relevância para o caso brasileiro, mesmo com a ausência de informações estatísticas, considera-se neste inventário, como primeira aproximação, os fatores de emissão *per capita* observados em um conjunto de países, aplicados à população economicamente ativa do Brasil.

Os dados relativos às vendas internas e importações de produtos químicos foram extraídos do Anuário da ABIQUIM (ABIQUIM, 1995 e 1997). A Tabela 3.3.1 consolida as emissões de NMVOC e VOC nas diversas atividades, para o período de 1990 a 1994.

Tabela 3.3.1 - Evolução das emissões de NMVOC e VOC, por atividade - 1990 a 1994

Classe de gás	Atividade	1990	1991	1992	1993	1994	Variação 90/94
		(Gg)					(%)
NMVOC	Aplicação de tintas	253,34	271,98	296,39	355,51	396,12	56
	Desengraxe de metais	12,70	15,22	13,75	11,61	15,76	24
	Limpeza a seco	0,61	0,73	0,66	0,55	0,75	24
	Processamento de espumas	0,56	0,60	0,69	0,65	0,88	55
	Indústria de impressão	39,76	42,07	44,31	46,62	47,67	20
VOC	Extração de óleos vegetais comestíveis	13,67	11,56	13,06	14,85	16,59	21
	Uso doméstico	36,35	38,46	40,51	42,62	43,58	20
NMVOC + VOC	EMISSIONES TOTAIS	356,99	380,62	409,37	472,41	521,35	46

3.3.1 Aplicação em Tintas

Esta atividade é desagregada em quatro subatividades: produção de autoveículos; construção e edifícios; uso doméstico; e outras aplicações industriais.

3.3.1.1 Produção de Autoveículos

A indústria brasileira de autoveículos é de grande porte e intensivamente consumidora de tintas.

A atividade compreende tanto o revestimento quanto a proteção contra corrosão. As estatísticas de produção brasileira de autoveículos utilizadas para estimar as emissões são apresentadas na Tabela 3.3.2.

Tabela 3.3.2 - Produção brasileira de autoveículos - 1990 a 1994

Categoria	1990	1991	1992	1993	1994	Variação 90/94
	(1.000 veículos)					(%)
AUTOMÓVEIS	663,1	705,3	815,9	1.100,3	1.248,8	88
Passageiros	267,5	292,9	338,3	391,6	366,8	37
Uso Misto	395,6	412,4	477,6	708,7	882,0	123
COMERCIAIS LEVES	184,8	182,7	201,6	224,4	251,0	36
Camionetas/Uso Misto	17,3	12,0	16,1	25,5	39,0	125
Utilitários	1,8	1,7	0,4	0,3	0,2	-89
Camionetas de Carga	165,7	169,0	185,1	198,6	211,8	28
COMERCIAIS PESADOS	66,6	72,3	56,3	66,8	81,5	22
Caminhões	51,6	49,3	32,0	47,9	64,1	24
Ônibus	15,0	23,0	24,3	18,9	17,4	16

Fonte: ANFAVEA, 1997.

A Tabela 3.3.3 apresenta os fatores de emissão em pintura de autoveículos utilizados neste Inventário.

Tabela 3.3.3 - Fatores de emissão correlacionados com a área pintada

Tipo de autoveículo	Superfície pintada	Fator de emissão de NMVOC
	(m ²)	(g/ m ²)
Carro pequeno	65	203
Carro grande	117	277
Caminhão	171,5	120
Van	120	120
Ônibus	271,5	500

Fonte: CORINAIR, 1996.

Para compatibilizar a Tabela 3.3.2 com a Tabela 3.3.3, automóveis de passageiros foram equiparados a carros pequenos; automóveis de uso misto a carros grandes; e todos os comerciais leves a vans. Na Tabela 3.3.5 são apresentadas as emissões de NMVOC para essa subatividade.

3.3.1.2 Construção e edifícios

Refere-se ao uso de tintas em aplicações arquitetônicas por empresas de construção e pintores profissionais. Para estimar as emissões de NMVOC, utilizou-se o fator de emissão médio *per capita* de 1,2 kg/pessoa/ano, associado à evolução da população economicamente ativa - PEA no Brasil, no período de 1990 a 1994. Na Tabela 3.3.5 são apresentadas as emissões de NMVOC para essa subatividade.

3.3.1.3 Uso Doméstico

Essa subatividade considera o uso de tintas em aplicações domésticas.

De modo análogo à subatividade anterior, usou-se um fator médio de emissão de 0,73 kg/pessoa/ano, em associação com a evolução da PEA. Na Tabela 3.3.5 apresenta as emissões de NMVOC para essa subatividade.

3.3.1.4 Outras Aplicações Industriais

Esta subatividade compreende a utilização de tintas na construção de navios, na manufatura de artigos metálicos, em produtos de madeira e na produção de artigos de plástico.

Para estimar as emissões dessa subatividade utilizou-se a razão entre a participação dessa subatividade, nas emissões totais de NMVOC, e subatividade produção de autoveículos, em 28 países. Essa razão é apresentada na Tabela 3.3.4.

Tabela 3.3.4 - Razão entre as médias de participação nas emissões de NMVOC totais de "Outras Aplicações Industriais" e de "Produção de Autoveículos" em 28 países

Subatividade	Contribuição nas emissões totais de NMVOC
A - Produção de autoveículos	0,6 %
B - Outras aplicações industriais	3,3 %
Razão (B / A)	5,5

A Tabela 3.3.5 apresenta as emissões totais de NMVOC na utilização de solventes em tintas, para o período de 1990 a 1994.

Tabela 3.3.5 - Emissões de NMVOC - aplicação em tintas - 1990 a 1994

População / Emissões por subatividade	1990	1991	1992	1993	1994	Variação 90/94 (%)	
PEA (10⁶ hab)	56,8	60,1	63,3	66,6	68,1	20	
Emissões (Gg)	Produção de autoveículos	22,11	24,00	26,80	34,92	40,72	84
	Construções e edifícios	68,16	72,12	75,96	79,92	81,72	20
	Uso doméstico	41,46	43,87	46,21	48,62	49,71	20
	Outras aplicações industriais	121,61	131,99	147,42	192,05	223,96	84
	EMISSIONES TOTAIS	253,34	271,98	296,39	355,51	396,11	56

3.3.2 Desengraxe de Metais

Essa atividade consiste no processo de remoção de sujeira provocada por agentes como graxa, gorduras, óleos, ceras, depósitos de carbono, em metais, plásticos, fibra de vidro, circuitos impressos e outras superfícies, empregando-se, principalmente, solventes clorados.

Tetracloroetileno (também chamado de percloroetileno - PER); cloreto de metileno; tricloroetileno; 1,1,1-tricloroetano e triclorotrifluoreto, são indicados como sendo os solventes clorados mais utilizados nessa atividade. No período de 1990 a 1994 foram identificadas apenas importações de PER.

Identificaram-se dois dos produtos acima como tendo produção local (ABIQUIM, 1995 e 1997):

- 1,1,1-tricloroetano, produzido até 1991, teve a sua produção descontinuada em função do Protocolo de Montreal. Não foi possível obter a destinação do produto no mercado interno.
- percloroetileno, regularmente produzido no país, tendo na aplicação Desengraxe de Metais 93% das vendas.

Face ao exposto, a estimativa das emissões de NMVOC para essa atividade foi baseada no consumo brasileiro de percloroetileno, que é apresentado na Tabela 3.3.6. Considerando que desengraxe de metais representa 93% das vendas de PER (ABIQUIM, 1997) e adotando o fator de emissão *default* de 1,0 kg NMVOC/1,0 kg de solvente usado (CORINAIR, 1996), obteve-se as emissões apresentadas na Tabela 3.3.1.

Tabela 3.3.6 - Consumo de percloroetileno no Brasil - 1990 a 1994

	1990	1991	1992	1993	1994	Variação 90/94
	(10 ³ t)					(%)
Vendas internas	13,66	15,35	14,30	11,26	11,63	-15
Importações	-	1,02	0,49	1,22	5,32	-
CONSUMO TOTAL	13,66	16,37	14,79	12,48	16,95	24

Fonte: ABIQUIM, 1995 e 1997.

3.3.3 Limpeza a Seco

Essa atividade refere-se ao processo para a limpeza de diversos materiais como peles, couros, produtos têxteis e fibras, a partir da utilização de solventes clorados. O principal solvente empregado na limpeza a seco é o percloroetileno. Para estimar a utilização deste solvente no Brasil será considerado o mesmo percentual de *market share* verificado na Europa, onde PER representa 90% do consumo total de solventes para limpeza a seco (CORINAIR, 1996), em função de haver produção local deste insumo no país. Considerou-se ainda que 4% do consumo de PER destinaram-se às lavanderias (ABIQUIM, 1997) e assumiu-se o fator de emissão de 100% do solvente usado. A Tabela 3.3.7 o consumo de solventes na limpeza a seco no período de 1990 a 1994, resultando nas emissões de NMVOC apresentadas na Tabela 3.3.1.



Tabela 3.3.7 - Consumo de solventes - limpeza a seco - 1990 a 1994

	1990	1991	1992	1993	1994	Varição 90/94
	(10 ³ t)					(%)
Consumo total de PER	13,66	16,37	14,79	12,48	16,95	24
Consumo de PER em lavanderias (4%)	0,55	0,65	0,59	0,50	0,68	24
Consumo total de solventes em lavanderias	0,61	0,73	0,66	0,55	0,75	24

Fonte: ABIQUIM, 1995 e 1997.

3.3.4 Processamento de Espumas de Poliestireno

A produção de espumas ocorre pela ação de um agente de expansão. No caso das espumas de poliestireno - EPS, utilizadas, principalmente, nos setores de isolamento e embalagens, o agente é o pentano. Já para as espumas flexíveis, utiliza-se água como agente de expansão.

De acordo com CORINAIR (1996), o agente de expansão é incorporado às espumas na proporção de 6%, antes da expansão. Assim, para estimar as emissões de NMVOC nessa atividade, utilizou-se a produção de espumas EPS apresentada na Tabela 3.3.8. As emissões de NMVOC são apresentadas na Tabela 3.3.1.

Tabela 3.3.8 - Produção de EPS - 1990 a 1994

Produto	1990	1991	1992	1993	1994	Varição 90/94
	(10 ³ t)					(%)
EPS	9,39	10,01	11,43	10,86	14,59	55

Fonte: ABIQUIM, 1995 e 1997.

3.3.5 Indústria de Impressão

A metodologia proposta para estimar as emissões de NMVOC nessa atividade requer o conhecimento das séries históricas do consumo de tintas verificados nos setores de imprensa, publicação/edição, embalagens e outros. A exemplo do que foi feito em outros setores, foi utilizada a média dos fatores de emissão *per capita* observados em outros países, associando-a à PEA.

Foi utilizado um fator de emissão médio de 0,7 kg/pessoa/ano. As emissões de NMVOC dessa atividade são apresentadas na Tabela 3.3.1.

3.3.6 Extração de óleos vegetais comestíveis

Essa atividade envolve a extração, por meio de solventes, de óleos comestíveis oriundos de sementes/grãos oleaginosos. Embora em outros países os solventes possam, eventualmente, ser utilizados na secagem dos resíduos provenientes do esmagamento dos grãos/sementes, esse processo não é utilizado no Brasil.

De acordo com a metodologia (CORINAIR, 1996), o fator de emissão de VOC situa-se em um amplo intervalo, de 0,85 a

19 kg VOC/t de semente/grão esmagado. É razoável supor que esses fatores dependem de variáveis como tecnologia,

eficiência no controle das emissões e tipo de semente/grão processado. Como o Brasil tem uma indústria moderna de processamento de soja, exportadora e de tecnologia de ponta, optou-se pelo limite inferior do intervalo (0,85 kg VOC/t de semente/grão esmagado).

A Tabela 3.3.9 mostra, para o período de 1990 a 1994, os dados sobre a

indústria de óleos comestíveis contidos em semente/grãos oleaginosos. As emissões de VOC correspondentes são apresentadas na Tabela 3.3.1.

Tabela 3.3.9 - Dados da indústria de óleos vegetais comestíveis - 1990 a 1994

Produto	1990	1991	1992	1993	1994	Varição 90/94
	(10 ³ t)					(%)
Produção de soja	20.444	15.757	19.456	22.780	24.813	21
Soja esmagada	15.435	13.057	14.756	16.771	18.736	21
Total de grãos / sementes esmagados ¹	16.078	13.601	15.371	17.470	19.517	21

Fonte: Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais - ABIOVE.

¹ Considerando a soja como uma fração equivalente a 96% do total de sementes/grãos esmagados;

3.3.7 Uso Doméstico

Essa atividade abrange as seguintes categorias de produtos: cosméticos e de toalete (aerossóis de todos os tipos, perfumes, loções para após a barba, desodorantes, removedores de esmalte), produtos para o lar (aerossóis de todos os tipos, limpadores, desinfetantes, ceras e polidores), construção (adesivos para carpetes e ladrilhos, solventes, removedores de tinta, adesivos para construção) e automóveis (aerossóis de todos os tipos, fluidos para freios, ceras e polidores).

A metodologia para estimar as emissões resultantes dessa atividade sugere o fator médio anual de emissão de 2.566 g VOC/pessoa. Tal fator resulta da média dos fatores de emissão de países selecionados. A utilização direta deste fator médio (oriundo de economias altamente desenvolvidas) acarreta uma superestimação das emissões, ainda que seja utilizada apenas a PEA. Especialistas brasileiros, levando em conta o PIB *per capita*, sugeriram o valor anual de 640 g VOC/pessoa. Os valores estimados de VOC são apresentados na Tabela 3.3.1.

Agropecuária





3.4 Agropecuária

A agricultura e a pecuária são atividades econômicas de grande importância no Brasil. Devido à sua grande extensão de terras agricultáveis e disponíveis para pastagem, o país ocupa também um lugar de destaque no mundo quanto à produção desse setor. Segundo dados da FAO, o Brasil ocupava, em 1994, o primeiro lugar na produção de cana-de-açúcar, com 27% do total mundial e o segundo lugar na produção de soja, com 18% do total mundial. Possuía, ainda, o segundo maior rebanho bovino do mundo, com 12% do total mundial de cabeças de gado.

Nesse setor, as emissões de gases de efeito estufa ocorrem por diversos processos. A fermentação entérica nos ruminantes é uma das fontes de emissão de metano mais importantes no país (71%). Também na pecuária, os sistemas de manejo de dejetos de animais são responsáveis por emissão de CH₄ e N₂O.

O cultivo de arroz inundado, que é também uma das principais fontes de emissão de CH₄ no mundo, não é fonte tão expressiva no Brasil, em virtude de uma grande parcela de arroz ser produzida em áreas não inundadas.

A queima imperfeita de resíduos agrícolas produz emissões de CH₄, N₂O, NO_x, CO e NMVOC. No Brasil essa prática ocorre nas culturas de cana-de-açúcar e algodão.

A emissão de N₂O em solos agrícolas ocorre principalmente pela deposição de dejetos de animais em pastagem e também pelas práticas de fertilização do solo. Estas últimas incluem o uso de fertilizantes sintéticos e produtos do manejo de dejetos de animais. O processo de fixação biológica de nitrogênio, que ocorre na cultura da soja, e a utilização de solos orgânicos para cultivo, também geram emissões de N₂O.

Finalmente, emissões resultam da combustão imperfeita que ocorre durante a queima prescrita do cerrado nativo (não antropizado).

3.4.1 Pecuária

Em 1994, o total de cabeças de gado atingiu 158 milhões, valor 7% superior ao de 1990. Desse total, o gado de corte representou 87% e o gado de leite, 13%. O país possui também quantidades significativas de suínos, ovinos e aves, conforme a Tabela 3.4.1.

Tabela 3.4.1 - População dos rebanhos - 1990 a 1994

Tipo de animal	1990	1991	1992	1993	1994	Variação 90/94 (%)
	(milhões de animais)					
Gado de leite	19,2	20,0	20,5	20,1	20,1	5
Gado de corte	128,3	132,2	133,8	135,3	138,2	8
Asininos	1,3	1,4	1,4	1,3	1,3	- 2
Bubalinos	1,4	1,4	1,4	1,5	1,6	12
Caprinos	11,9	12,2	12,2	10,6	10,9	- 9
Equinos	6,2	6,2	6,3	6,3	6,4	4
Muare	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	- 2
Ovinos	20,0	20,1	20,0	18,0	18,5	- 8
Suínos	33,7	34,3	34,5	34,3	35,1	4
Aves	549,2	597,0	642,1	657,3	683,5	24

Fonte: IBGE, 1990, 1991, 1992a, 1993, 1994.

Na atividade de criação de animais, existem vários processos em que ocorrem emissões de gases de efeito estufa. A produção de CH₄ é parte do processo de digestão dos ruminantes herbívoros (fermentação entérica); o manejo de dejetos de animais gera emissões tanto de CH₄ quanto de N₂O; a utilização de esterco animal como fertilizante e a deposição no solo dos dejetos de animais em pastagem também produzem N₂O.

As estimativas das emissões por fermentação entérica e manejo de dejetos são apresentadas a seguir. As emissões de N₂O devidas à adição de esterco ao solo, intencionais ou por animais em pastagem, são tratadas em conjunto com os outros tipos de fertilizantes no item 3.4.4.

3.4.1.1 Fermentação Entérica

A produção de CH₄ é parte do processo digestivo normal dos animais ruminantes, ocorrendo em quantidades bem menores em outros animais herbívoros. A intensidade de emissão depende do tipo de animal, do tipo e quantidade do alimento, do seu grau de digestibilidade e da intensidade de atividade física do animal, em função das diversas práticas de criação.

A avaliação das emissões implica em conhecer bem esses parâmetros, que são fundamentais para estimar os fatores de emissão. No Brasil, devido à grande extensão territorial e à grande dispersão da atividade, com diversidade de práticas e de tipos de alimentação fornecida aos animais, há uma grande variação desses parâmetros. Infelizmente, as pesquisas nessa área, no Brasil, ainda são limitadas. Mesmo assim, buscou-se obter, por meio da contribuição de especialistas brasileiros, os fatores de emissão para o gado bovino que melhor representassem as características de criação no Brasil e as suas diferenças regionais. Os valores obtidos mostraram-se consistentemente superiores aos valores *default* do IPCC (1997), conforme a Tabela 3.4.2.

Tabela 3.4.2 - Fatores de emissão de CH₄ por fermentação entérica - 1990 a 1994

Tipo de animal	Subpopulação	Região	Fator de emissão utilizado	Fator de emissão IPCC
			kg/cabeça/ano	
Gado de leite		Norte	59	57
		Nordeste	61	
		Centro-Oeste	61	
		Sudeste	65	
		Sul	62	
Gado de corte	Fêmeas adultas	Norte	65	58
		Nordeste	73	
		Centro-Oeste	67	
		Sudeste	67	
		Sul	65	
	Machos adultos	Norte	62	57
		Nordeste	73	
		Centro-Oeste	64	
		Sudeste	64	
		Sul	66	
	Jovens	Norte	47	42
		Nordeste	56	
		Centro-Oeste	48	
		Sudeste	48	
		Sul	50	

Fonte: Empresa Brasileira de Agropecuária - EMBRAPA.

Para os outros animais, utilizaram-se os fatores de emissão *default* do IPCC, por não se dispor de melhor informação, aumentando o grau de incerteza das estimativas.

Estimou-se em 9,4 Tg a emissão de metano devida à fermentação entérica no ano de 1994, com um crescimento

de 6% em relação à de 1990. O gado bovino de corte foi responsável por 82% desse total, contribuindo com 7,7 Tg.

Tabela 3.4.3 - Emissão de CH₄ por fermentação entérica - 1990 a 1994

Tipo de animal	1990	1991	1992	1993	1994	Part. 1994	Variação 90/94
	(Gg)						
Gado de leite	1.200	1.249	1.281	1.259	1.257	13,4	5
Gado de corte	7.191	7.403	7.491	7.549	7.705	82,2	7
Bubalinos	77	79	78	82	86	0,9	12
Ovinos	100	101	100	90	92	1,0	-8
Caprinos	60	61	61	53	54	0,6	-10
Eqüinos	111	112	114	114	115	1,2	4
Muares e asininos	34	34	34	33	33	0,4	-3
Suínos	34	34	35	34	35	0,4	3
TOTAL	8.807	9.073	9.193	9.215	9.377	100,0	6



3.4.1.2 Manejo de Dejetos de Animais

Quando o material orgânico dos dejetos de animais é decomposto sob condições anaeróbicas, bactérias metanogênicas podem produzir quantidades consideráveis de CH₄. Essas condições são favorecidas quando os dejetos são estocados na forma líquida (em lagoas, charcos e tanques).

No Brasil, devido às características de pecuária extensiva, as lagoas de tratamento anaeróbio constituem apenas uma pequena fração dos sistemas de manejo. Mesmo para o gado confinado, observa-se um número limitado de instalações de tratamento de dejetos. Os dejetos produzidos por grandes rebanhos de gado acabam sendo dispostos no campo como material sólido. Os

parâmetros relativos aos sistemas de manejo são apresentados na Tabela 3.4.4.

Tabela 3.4.4 - Sistemas de manejo de dejetos de animais

Tipo de animal	Região / Estado	Pastagem	Estocagem sólida	Sistema líquido	Lagoa anaeróbia	Daily Spread	Outros		
								(%)	
Gado de Leite	Sul	75	-	-	-	20	5		
	Outras	45	20	3	1	20	11		
Gado de Corte	Sul	75	-	-	-	20	5		
	Outras	97	3	-	-	-	-		
Ovinos	Todas	100	-	-	-	-	-		
Suínos	Sul e São Paulo	-	-	-	-	10	90		
	Sudeste e Centro-Oeste	-	-	-	-	5	95		
	Outras	-	-	-	-	-	100		
Aves	Todas	-	20	-	-	80	-		
Outros	Todas	99	-	-	-	-	1		

Fonte: Empresa Brasileira de Agropecuária - EMBRAPA.

A estimativa das emissões de CH₄ foi feita utilizando as metodologias recomendadas pelo IPCC (IPCC, 1997). Para o gado bovino e para os suínos foi utilizada a metodologia detalhada, que leva em conta parâmetros nacionais de alimentação, digestibilidade e sistemas de manejo, obtidos com a colaboração de especialistas brasileiros.

A Tabela 3.4.5 apresenta os fatores de emissão resultantes para o gado bovino e para os suínos, e sua comparação com os valores *default* do IPCC.

Para os outros animais foi utilizada a metodologia simplificada, utilizando os fatores de emissão *default* do IPCC.

Tabela 3.4.5 - Fatores de emissão de CH₄ por manejo de dejetos de animais

Tipo de animal	Subpopulação	Região / estado	Fator de emissão utilizado		Fator de emissão IPCC	
			Faixa Climática		Faixa Climática	
			Temperado	Quente	Temperado	Quente
			(kg/cabeça/ano)			
Gado de leite		Sul	1	-	1	-
		Outras regiões	3	5	1	2
Gado de corte	Fêmeas adultas	Sul	1	-	1	-
		Outras regiões	2	2	1	1
	Machos adultos	Nordeste	2	3	1	1
		Sul	2	-	1	-
	Jovens	Outras regiões	2	2	1	1
		Sul	1	-	1	-
Suínos		Norte	-	0,4	-	2
		Nordeste	1	1	1	2
		Sul e São Paulo	0,5	-	1	-
		Outros estados	1	-	1	-

Fonte: Empresa Brasileira de Agropecuária - EMBRAPA.

As emissões de CH₄ por manejo de dejetos de animais, em 1994, foram estimadas em 368 Gg, com crescimento de 9% em relação às emissões de 1990. O gado de corte foi a categoria que mais contribuiu, com emissões estimadas em 198 Gg (54%). A Tabela 3.4.6 apresenta as estimativas de emissões de CH₄ para o período de 1990 a 1994.

Tabela 3.4.6 - Emissão de CH₄ por manejo de dejetos de animais - 1990 a 1994

Tipo de animal	1990	1991	1992	1993	1994	Part. 1994	Variação 90/94
	(Gg)					(%)	
Gado de leite	59,3	62,2	63,8	61,6	61,1	16,6	3
Gado de corte	183	189	191	193	198	53,8	8
Bubalinos	2,4	2,4	2,4	2,5	2,7	0,7	12
Ovinos	3,5	3,5	3,4	3,1	3,2	0,9	-9
Caprinos	2,3	2,4	2,4	2,1	2,1	0,6	-9
Eqüinos	10,8	10,9	11,1	11,1	11,2	3,0	4
Muare e asininos	3,5	3,5	3,6	3,4	3,4	0,9	-3
Suínos	25,1	25,4	25,4	24,8	25,4	6,9	1
Aves	48,4	53,3	57,8	59,2	61,3	16,7	27
TOTAL	338	353	361	361	368	100,0	9

O manejo de dejetos de animais também pode produzir emissões de N₂O durante seu processamento, dependendo do sistema empregado. Os dejetos processados são eventualmente utilizados como fertilizante, como é o caso no sistema *daily spread*. Nesse caso, são relatadas apenas as emissões que ocorrem antes de os dejetos de animais serem adicionados aos solos, compreendendo basicamente as emissões de animais em regime de confinamento. As emissões de N₂O induzidas após a adição dos dejetos de animais ao solo, incluindo os de animais em regime de pastagem, são estimadas no item 3.4.4, que compreende as emissões provenientes da adição de nitrogênio aos solos agrícolas.

A estimativa das emissões de N₂O foi feita utilizando a metodologia recomendada pelo IPCC (IPCC, 1997), considerando a participação dos diversos sistemas utilizados para cada tipo de animal. Na ausência de informação sobre fatores de emissão específicos para o Brasil, foram utilizados os valores *default* do IPCC.

As emissões de N₂O por manejo de dejetos de animais foram estimadas em 20 Gg em 1994, com crescimento de 7% em relação a 1990, conforme a Tabela 3.4.7. Observa-se que a maior participação nas emissões é do gado de leite, já que a maioria do gado de corte é criado em regime de pastagem.

Tabela 3.4.7 - Emissões de N₂O por manejo de dejetos de animais - 1990 a 1994

Tipo de animal	1990	1991	1992	1993	1994	Part. 1994	Variação 90/94
	(Gg)					(%)	
Gado de leite	8,3	8,7	8,9	8,7	8,6	42,6	4
Gado de corte	4,3	4,5	4,5	4,6	4,7	23,3	8
Suínos	4,0	4,1	4,1	4,1	4,2	20,8	4
Aves	2,1	2,3	2,4	2,5	2,6	12,9	24
Outros	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,5	-3
TOTAL	18,8	19,6	20,1	19,9	20,2	100,0	7

3.4.2 Cultivo de Arroz

A decomposição anaeróbia de matéria orgânica em campos de arroz irrigados ou inundados é uma importante fonte de CH₄. Esse processo não ocorre, porém, quando o arroz é cultivado em terras altas (arroz de sequeiro).

Em contraste com o que ocorre em termos globais, onde o arroz de sequeiro responde por apenas 15% das áreas cultivadas, no Brasil essas áreas representam a maior parte da área cultivada (67% em 1994). Essa é a forma de cultivo mais usada nas regiões Nordeste e Centro-Oeste. Apesar de ocupar uma menor área de cultivo, o arroz irrigado responde pela maior parte da produção (55%), concentrada na região Sul

(68%). O arroz é cultivado, ainda, em sistema de várzea úmida, em menor escala, principalmente no estado de Minas Gerais.

A área total cultivada de arroz em regimes de irrigação ou de várzea foi de 1,5 milhão de hectares em 1994, crescendo 17% em relação ao ano de 1990, conforme a Tabela 3.4.8.

Tabela 3.4.8 - Área colhida de arroz - 1990 a 1994

Área colhida	1990	1991	1992	1993	1994	Variação 90/94	
	(10 ³ ha)					(%)	
Regime contínuo	1.077	1.142	1.220	1.305	1.305	21	
Regime intermitente	Aeração única	-	1	0,4	0,1	0,1	-
	Múltiplas aerações	20	17	17	15	14	-30
Regime de várzea	Várzea seca	30	32	31	31	29	-3
	Várzea úmida	132	134	133	129	119	-10
TOTAL	1.258	1.326	1.402	1.480	1.468	17	

Fonte: Empresa Brasileira de Agropecuária - EMBRAPA.

Estudos realizados em vários países têm mostrado a influência de vários fatores sobre a emissão de CH₄ em campos de arroz inundado. Esses fatores incluem temperatura, radiação solar, tipo de adubação, tipo de cultivares e tipos de solos. No Brasil, não existem, ainda, dados experimentais que permitam definir fatores de emissão específicos, sob diferentes condições regionais e climáticas. Por esse motivo foram utilizados os fatores *default* do IPCC.

As emissões de metano foram estimadas em 283 Gg em 1994, com um aumento de 18% em relação a 1990, conforme a Tabela 3.4.9.



Tabela 3.4.9 - Emissões de CH₄ pelo cultivo de arroz - 1990 a 1994

3.4.3.1 Cana-de-açúcar

Regime de Cultivo		1990	1991	1992	1993	1994	Variação 90/94
		(Gg)					(%)
Regime contínuo		215	228	244	261	261	21
Regime intermitente	Aeração única	-	0,10	0,04	0,01	0,01	-
	Múltiplas aerações	0,78	0,68	0,68	0,60	0,57	-27
Regime de várzea	Várzea seca	2,4	2,6	2,5	2,4	2,3	-4
	Várzea úmida	21	21	21	21	19	-10
TOTAL		240	253	269	285	283	18

A cana-de-açúcar é uma planta de alta eficiência fotossintética, com ótimo crescimento na faixa de temperatura de 20 a 35°C. O cultivo da cana-de-açúcar estabeleceu-se sobre os mais diferentes tipos de solos no território nacional, sendo bastante tolerante à acidez e à alcalinidade. Por isso, tal cultura sempre teve importância na economia nacional, principalmente pela produção de açúcar. O papel da cana-de-açúcar aumentou signi-

ficativamente com um maior incentivo a produção de etanol com a implementação do programa Proalcool, tendo sua produção se expandido por todos os estados brasileiros, principalmente São Paulo, Alagoas e Pernambuco.

3.4.3 Queima de Resíduos Agrícolas

Apesar de a queima de resíduos liberar uma grande quantidade de CO₂, ela não é considerada como uma emissão líquida, pois, através da fotossíntese, a mesma quantidade de CO₂ é necessariamente absorvida durante o crescimento das plantas. Porém, durante o processo de combustão, outros gases não-CO₂ são produzidos. As taxas de emissão desses gases dependem do tipo de biomassa e das condições da queima. Na fase de combustão com chama, são gerados os gases N₂O e NO_x, sendo que os gases CH₄ e CO são formados sob condições de queima com predomínio de fumaça.

A principal cultura que envolve queima de resíduos no Brasil é a da cana-de-açúcar, ocorrendo também, em menor escala, na cultura do algodão herbáceo. As emissões provenientes de queima de resíduos, em 1994, foram estimadas em 133 Gg CH₄; 6,6 Gg N₂O; 2.787 Gg CO; e 239 Gg NO_x conforme a Tabela 3.4.10.

A prática da queima da cana-de-açúcar na pré-colheita é generalizada no país, sendo utilizada para melhorar o rendimento do corte manual (aumentando-o em até 10 vezes), evitar problemas com animais peçonhentos, comuns nas plantações, e facilitar o preparo do terreno para novos plantios.

A área média anual colhida de cana-de-açúcar, no período de 1990 a 1994, foi 4,3 milhões de hectares. As emissões de gases de efeito estufa por queima de cana-de-açúcar, em 1994, foram estimadas em 130 Gg CH₄; 6,4 Gg N₂O; 2.730 Gg CO; e 232 Gg NO_x.

3.4.3.2 Algodão Herbáceo

A cultura do algodão encontra-se distribuída em dezessete estados, sob diversas condições ambientais. A área média colhida de algodão herbáceo, no período de 1990 a 1994, foi 1,3 milhão de hectares. Além do algodão herbáceo, também é cultivado o algodão arbóreo, cultura perene onde não ocorre a queima de resíduos.

Tabela 3.4.10 - Emissões por queima de resíduos agrícolas - 1990 a 1994

Gás	1990	1991	1992	1993	1994	Variação 90/94
	(Gg)					(%)
Cana-de-açúcar						
CH ₄	117	116	121	109	130	11
N ₂ O	5,8	5,7	6,0	5,4	6,4	11
CO	2.455	2.438	2.537	2.285	2.730	11
NO _x	208	207	215	194	232	11
Algodão herbáceo						
CH ₄	4,2	4,7	4,3	2,6	2,7	-35
N ₂ O	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	-35
CO	88	98	91	55	57	-35
NO _x	10,5	11,7	10,9	6,5	6,8	-35
Total						
CH ₄	121	121	125	111	133	10
N ₂ O	6,1	6,1	6,3	5,5	6,6	10
CO	2.543	2.536	2.628	2.340	2.787	10
NO _x	219	219	226	201	239	10

No Brasil, a colheita do algodão é feita quase sempre de forma manual. Após a colheita, os restos culturais são queimados, visando eliminar focos de pragas (bicudo, lagarta rosada) e doenças fúngicas. A erradicação dos restos culturais requer que todas as partes da planta sejam incineradas, inclusive as raízes. Entretanto, essa prática não vem sendo amplamente adotada no país. Apesar de alguns estados possuírem leis que obrigam os agricultores a efetuar a queima dos resíduos, a crescente mecanização da cultura tem substituído essa prática pela incorporação dos resíduos da colheita ao solo e pela adoção de outras medidas para controle de pragas e doenças.

Na região Nordeste, onde há, também, a recomendação da prática de queima como medida de combate ao bicudo, a grande maioria dos produtores não a realiza, aproveitando os restos de cultura para alimentação animal, sobretudo as cápsulas, ricas em proteínas. Por esse motivo, a produção de algodão na região Nordeste não foi considerada nas estimativas das emissões.

As emissões de gases de efeito estufa,

em 1994, foram estimadas em 2,7 Gg CH₄; 0,2 Gg N₂O; 57 Gg CO₂; e 6,8 Gg NO_x.

3.4.4 Emissões de N₂O provenientes de Solos Agrícolas

A utilização de fertilizantes nitrogenados é apontada como o principal motivo do aumento global das emissões de N₂O por solos agrícolas. No Brasil, entretanto, a principal fonte de emissões são os dejetos de animais em pastagem. Emissões de N₂O ocorrem, também, pela aplicação de esterco animal como fertilizante, pela fixação biológica de nitrogênio, pelo nitrogênio proveniente de resíduos agrícolas e pela deposição atmosférica de NO_x e NH₃.

As emissões de N₂O provenientes de solos agrícolas foram subdivididas em três categorias, conforme o IPCC:

- emissões de N₂O provenientes dos dejetos de animais em pastagem;
- outras fontes diretas de emissão de N₂O, que incluem o uso de fertilizantes sintéticos, o nitrogênio de dejetos de animais usados como fertilizantes, a fixação biológica de nitrogênio e os resíduos de colheita; e
- fontes indiretas de emissão de N₂O, a partir do nitrogênio usado na agricultura, que incluem a volatilização e subsequente deposição atmosférica de NO_x e NH₃ provenientes da aplicação de fertilizantes, e a lixiviação e o escoamento de nitrogênio de fertilizantes.

A Tabela 3.4.11 apresenta as estimativas das emissões de N₂O por solos agrícolas no período de 1990 a 1994.

Tabela 3.4.11 - Emissões de N₂O por solos agrícolas - 1990 a 1994

Tipos de emissão	1990	1991	1992	1993	1994	Part. 1994	Varição 90/94
	(Gg)					(%)	(%)
Animais em pastagem	207,1	213,2	215,7	214,6	218,5	46	6
Gado de leite	20,8	21,7	22,2	21,9	21,9	5	5
Gado de corte	150,2	155,0	156,9	158,8	162,1	34	8
Asininos	1,7	1,7	1,7	1,6	1,6	0	-6
Muare	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	1	0
Bubalinos	1,7	1,8	1,8	1,9	2,0	0	18
Caprinos	14,8	15,1	15,1	13,2	13,5	3	-9
Equinos	7,7	7,8	7,9	7,9	7,9	2	3
Ovinos	7,6	7,6	7,5	6,8	7,0	1	-8
Outras emissões diretas	98,8	96,1	107,3	114,6	125,7	26	27
Fertilizante sintético	13,8	13,8	15,3	17,9	20,8	4	51
Esterco animal	11,6	12,1	12,6	12,7	13,0	3	12
Gado de leite	4,2	4,4	4,5	4,4	4,4	1	5
Gado de corte	2,8	2,8	2,8	2,9	2,9	1	4
Suínos	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0	25
Aves	4,1	4,5	4,8	5,0	5,2	1	27
Fixação biológica	21,1	15,8	20,3	23,9	26,4	6	25
Resíduos culturais	36,1	35,1	38,8	38,3	43,1	9	19
Solos orgânicos	16,3	19,3	20,3	21,9	22,5	5	38
Emissões indiretas	119,8	123,2	125,9	127,5	131,8	28	10
Deposição de NO _x e NH ₃	24,2	25,0	25,4	25,6	26,3	6	9
Lixiviação	95,5	98,2	100,5	101,9	105,5	22	10
TOTAL	425,7	432,4	448,9	456,7	476,0	100	12

3.4.4.1 Emissões de N₂O devidas aos animais em pastagem

Os dejetos depositados nos solos por animais durante a pastagem são a fonte mais importante das emissões de N₂O por solos agrícolas no Brasil, devido ao grande rebanho e ao fato de a criação extensiva ser a prática predominante de gado no país. A Tabela 3.4.4 indica a participação dos sistemas de manejo de dejetos no Brasil, mostrando que 75% do gado bovino na região Sul é criado em regime de pastagem, assim como 97% do gado de corte e 45% do gado de leite nas demais regiões. Excetuando-se os suínos e as aves, todos os outros animais são criados quase que totalmente nesse mesmo regime.

As emissões de N₂O foram estimadas utilizando os fatores *default* do IPCC para o conteúdo de nitrogênio nos dejetos de animais e para o fator de emissão de N₂O por quantidade de nitrogênio depositado. As emissões de N₂O devidas aos animais em pastagem representaram 46% das emissões de N₂O de solos agrícolas, em 1994 (sendo 34% relativas ao gado de corte e 5% ao gado de leite), crescendo 6% em relação ao valor estimado para 1990, conforme a Tabela 3.4.11.

3.4.4.2 Emissões de N₂O por outras fontes diretas

Uso de fertilizante sintético

Os principais fertilizantes nitrogenados utilizados no Brasil são a uréia, a amônia, o nitrato de amônio anidro e o sulfato de amônio. O consumo total de fertilizantes nitrogenados sintéticos no Brasil, em 1994, foi 1,17 milhão de toneladas de conteúdo de nitrogênio, com um crescimento de 51% em relação ao consumo de 1990. Parte desse nitrogênio é incorporado nas plantas e no solo, parte volatiliza na forma de NO_x e NH₃ e parte é emitida na forma de N₂O. Na ausência de estudos específicos de fatores de emissão para as condições de manejo e clima do Brasil, foram utilizados os fatores *default* do IPCC. As emissões diretas de N₂O por uso de fertilizantes sintéticos representaram 4% das emissões de N₂O de solos agrícolas, em 1994, conforme a Tabela 3.4.11.

Uso de esterco como fertilizante

As informações sobre o aproveitamento dos resíduos e efluentes gerados pela criação de animais em confinamento, como fertilizante orgânico, são ainda escassas no país. Com base na experiência de especialistas brasileiros que acompanham as práticas utilizadas em cada região, considerou-se que apenas os dejetos manejados utilizando o sistema *daily spread* são aplicados no campo como fertilizante. Como fatores de emissão de N₂O, foram adotados os valores *default* do IPCC. As emissões diretas de N₂O por uso de esterco animal como fertilizante representaram 3% das emissões de N₂O de solos agrícolas em 1994, conforme a Tabela 3.4.11.

Fixação biológica de nitrogênio

O processo de redução de N₂ atmosférico para formas combinadas de N-amoniacal, por intermédio de organismos vivos, é denominado de fixação biológica do nitrogênio.



No Brasil, a prática de inoculação com bactérias específicas para fixação de N_2 é rotineiramente utilizada apenas na cultura da soja, não existindo informações disponíveis sobre sua aplicação em outras culturas. Em 1994, a área cultivada de soja foi de 11,5 milhões de hectares, não tendo apresentado aumento significativo em relação a 1990. A produção de soja, em 1994, foi 24,9 milhões de toneladas, com crescimento de 25% em relação à quantidade produzida em 1990. Para a estimativa da emissão de N_2O foi adotado um conteúdo de matéria seca de 89,8% e fator de emissão *default* do IPCC. Esse fator foi calculado utilizando a quantidade de nitrogênio contido na planta como aproximação da quantidade de nitrogênio fixado pela cultura, assumindo uma relação fixa entre a produção e a quantidade de resíduos. Essa relação foi revista posteriormente pelo IPCC sem reavaliar a consistência da relação entre a quantidade de nitrogênio fixado e o total de nitrogênio contido na biomassa. Essa reavaliação deveria ser feita, levando em conta, também, a possibilidade de ocorrência de dupla contagem em função dos resíduos de colheita serem também considerados no item a seguir. Pesquisas específicas para as práticas e condições da cultura no país são, portanto, necessárias. As emissões diretas de N_2O pela fixação biológica de nitrogênio representaram 6% das emissões de N_2O de solos agrícolas, em 1994, conforme a Tabela 3.4.11.

Resíduos de colheita

O nitrogênio contido nos resíduos de colheita de culturas que são incorporados ao solo é também fonte de emissão de N_2O . Para estimar essas emissões utilizaram-se as produções anuais e a quantidade de matéria seca por tipo de cultura, tendo sido estimado um total de 155 milhões de toneladas de matéria seca em 1994. As principais culturas foram a cana-de-açúcar, o milho, a soja, o arroz e a mandioca. Na ausência de melhor informação, foram utilizados os fatores de emissão *default* do IPCC para o conteúdo de nitrogênio nos resíduos e para a parcela de resíduo que permanece no campo. As emissões diretas de N_2O devidas aos resíduos de colheita representaram 9% das emissões de N_2O dos solos agrícolas em 1994, conforme a Tabela 3.4.11.

Solos com alto conteúdo de matéria orgânica

Não estão disponíveis, no Brasil, informações sobre solos, em escalas adequadas, para se estimar a área de solos orgânicos efetivamente cultivada em cada ano. Por esse motivo, optou-se por estimar essa área por meio do conhecimento dos sistemas de produção das principais culturas do país. Sabe-se que o arroz de várzea, o palmito e a juta são quase que exclusivamente cultivados em solos de várzeas; também o milho na região Norte é majoritariamente plantado nesses solos. Utilizou-se a soma das áreas plantadas com essas culturas como estimativa da área cultivada em solos orgânicos, ainda que nem toda a área ocupada por essas culturas pudesse estar efetivamente localizada sobre solos orgânicos e que, eventualmente, pequenas parcelas das demais culturas pudessem estar sendo cultivadas em solos desse tipo. A incerteza associada a essa estimativa é, portanto, alta, com tendência à sobreestimação dos valores. Estimou-se um valor de 2,1 milhões de hectares, em 1994, com um crescimento de 38% com relação ao ano de 1990. As emissões diretas de N_2O devidas ao cultivo em solos orgânicos representaram 5% das emissões de N_2O de solos agrícolas em 1994, conforme a Tabela 3.4.11.

3.4.4.3 Emissões de N_2O por fontes indiretas

Deposição atmosférica de NO_x e NH_3

Parte do nitrogênio contido nos fertilizantes sintéticos e nos dejetos de animais, usados como fertilizantes, volatiliza na forma de NO_x e NH_3 . Essa parte é descontada quando se estima as emissões devidas às fontes diretas. Entretanto, parte desses gases volta a se depositar na superfície terrestre e, se essa deposição ocorrer em solos agrícolas, pode resultar em emissão adicional de N_2O . É impossível determinar em que área essa deposição irá ocorrer, podendo, inclusive, ser nos oceanos. Da mesma forma, NO_x e NH_3 originados de outras fontes, como combustão, podem depositar-se em solos agrícolas. Portanto, a incerteza sobre essa parcela de emissões é muito grande. Adotou-se o critério de considerar a deposição total correspondente aos gases volatilizados a partir dos solos agrícolas. Foram utilizados os fatores de emissão *default* do IPCC. As emissões de N_2O devidas à deposição atmosférica de NO_x e NH_3 , em 1994, representaram 6% das emissões de N_2O dos solos agrícolas crescendo 9% com relação ao valor estimado em 1990, conforme a Tabela 3.4.11.

Lixiviação e escoamento superficial de nitrogênio

Parte do nitrogênio que é aplicado aos solos agrícolas através de fertilizantes sintéticos ou dejetos de animais é lixiviado e escoado por meio de rios até o oceano. Nesses ambientes ocorrem também emissões de N_2O , classificadas como emissões indiretas da aplicação de fertilizantes. A incerteza sobre os fatores de emissão de N_2O pelo escoamento desse nitrogênio é muito grande, não existindo avaliação sobre os valores mais apropriados às variadas condições no Brasil. Utilizaram-se os fatores de emissão *default* do IPCC. Em 1994, as emissões de N_2O devidas à lixiviação e ao escoamento do nitrogênio aplicado como fertilizante representaram 22% das emissões de N_2O de solos agrícolas, crescendo 10% com relação ao valor estimado para 1990, conforme a Tabela 3.4.11.

3.4.5 Queima Prescrita de Cerrado

Áreas de cerrado nativo queimam durante a estação seca, por motivos diversos, incluindo a influência antrópica (estímulo à brotação de novas gramíneas, controle de pragas). Essas queimadas caracterizam-se pela regeneração da vegetação, durante a estação úmida, nas áreas afetadas. Apresentam emissões líquidas nulas de CO_2 , mas liberam outros gases como CH_4 , N_2O , CO e NO_x .

O IPCC assume que toda queimada em área de cerrado não-anthropizado é consequência de uma ação antrópica. Pesquisas realizadas no Brasil sobre recorrência de queimadas e datação de resíduos carbonizados sugerem que a queima periódica de áreas de cerrado já ocorria em épocas anteriores à influência antrópica. Assim, é necessário promover uma ampla discussão sobre esse assunto no âmbito do IPCC, que poderá resultar, oportunamente, na revisão do critério atual.

Para estimar as emissões de gases de efeito estufa resultantes da queima antrópica em cerrado, é necessário estimar uma série de parâmetros, incluindo a área queimada, a eficiência da queima, os tipos de fisionomia vegetal afetados, as densidades da biomassa dessas fisionomias e a fração queimada. Dentre esses, a densidade da biomassa submetida à queima e a fração da biomassa que efetivamente queima são conhecidas por meio de estudos realizados no Brasil (MIRANDA *et al.*, 1996). Entretanto, as estimativas de área queimada por tipo de vegetação afetada não eram confiáveis e foram estimadas utilizando uma metodologia apoiada em dados de sensoriamento remoto.



Imagens de satélites meteorológicos, apesar de sua baixa resolução espacial, são utilizadas para detectar queimadas. O Brasil foi o primeiro país do mundo a implementar um sistema operacional para a detecção de queimadas, com base nas imagens do sensor *Advanced High Resolution Radiometer* (AVHRR) a bordo do satélite em órbita polar da *National Oceanographic and Atmospheric Administration* (NOAA). Tradicionalmente, esses satélites de baixa resolução têm demonstrado ser úteis para monitorar focos de calor, em função da cobertura diária do globo terrestre. Um sensor termal sensível a temperaturas do solo fornece dados importantes ao monitoramento. Entretanto, esses não são os instrumentos mais adequados para quantificar as áreas queimadas. Sensores de maior resolução espacial, tais como o sensor TM/Landsat 5 e o HRV/Spot, são mais adequados para esse fim. Porém, apresentam limitações importantes, relacionadas à baixa resolução temporal (tempo de revisita do satélite a um mesmo ponto no terreno) — 16 dias para o Landsat; 26 dias para alguns sensores do SPOT — e ao uso de um sistema ótico, que impede a obtenção de dados da superfície sob nuvens. Neste caso, em função da rápida regeneração em algumas áreas afetadas no cerrado, a não existência de imagens úteis (sem nuvens ou com baixo percentual de nuvens) pode levar à não identificação de algumas áreas afetadas pela queima, provocando uma subestimativa da área queimada. É praticamente impossível obter, para cada cena do cerrado, uma série temporal com imagens úteis, durante todo o período de seca (Abril a Novembro, quando as queimadas são mais frequentes). Estudos recentes (LOMBARDI, 2003) indicam que o tempo de permanência das cicatrizes das queimadas varia em função do tipo de fisionomia de vegetação afetado, de alguns dias a poucos meses.

Para tentar solucionar esse problema, e considerando a extensão do cerrado brasileiro, que cobre aproximadamente 2,0 milhões de km², foi desenvolvida uma metodologia que relaciona as estimativas de área queimada a partir do sensor TM/Landsat 5 aos focos de calor diários fornecidos pelo sensor AVHRR/NOAA.

As densidades de biomassa nas diferentes fisionomias de vegetação do cerrado, a fração queimada e a distribuição dos diferentes tipos de fisionomia do cerrado foram obtidas por meio de instituições de pesquisa no Brasil.

A metodologia foi desenvolvida e testada utilizando informações e imagens de satélite disponíveis para 1999. Para estimar a área total de cerrado não-antropizado submetido à queima, foi desenvolvido um plano de amostragem estatística, tendo como universo amostral a grade do sensor TM/Landsat 5 sobre a área de cerrado. Cenas TM-Landsat 5 do período de junho/julho de 1999 foram selecionadas como amostras, de acordo com uma estrutura de estratificação por área de cerrado e grau de intervenção humana. A área queimada em junho/julho (apenas para o cerrado não-antrópico), obtidas através das imagens amostradas, foi estimada em 12.522 km². Extrapolando esses resultados para todo o cerrado, para os meses de junho/julho de 1999, obteve-se o valor de 25.787 km², com um desvio padrão de 5.678 km².

A fim de extrapolar os resultados para a estação inteira de queimadas (junho-novembro) em todo o cerrado brasileiro, dados do AVHRR foram utilizados. Esses dados, referentes ao ano de 1999, indicaram que 15% dos focos de calor detectados no cerrado não-antrópico brasileiro ocorreram no período de junho-julho. Assumindo-se que existe uma correlação entre a área queimada observada nos dados do AVHRR e os dados do TM/Landsat 5 e aplicando-se um fator de correção para as datas, a área total queimada no cerrado foi estimada em 197.602 km². As estimativas por tipo de vegetação resultam em 16.401 km² em campo limpo/sujo (8,3%); 20.748 km² em cerradão (10,5%); 131.206 km² em

cerrado *sensu stricto* (66,4%); e 29.245 km² em parque de cerrado (14,8%).

As estimativas das densidades de biomassa (combustível fino) nas diferentes fisionomias de vegetação do cerrado variaram de 7,2 t/ha (fisionomia de campo sujo/campo limpo) a 9,4 t/ha (cerrado *sensu stricto*).

Esses dados, incorporados à metodologia do IPCC, geraram as seguintes estimativas de emissões de gases não-CO₂ em 1999: 306 Gg CH₄; 3,8 Gg N₂O; 8.036 Gg CO; e 137,3 Gg NO_x.

O ano de 1999 foi um ano em que a ocorrência de queimadas foi particularmente elevada, tendo sido detectada nesse ano, pelo satélite NOAA-12 uma quantidade de focos de calor 3 vezes maior que o número de focos de calor detectados em 1996. A ocorrência de queimadas é extremamente variável de ano para ano, não sendo possível, portanto, utilizar esses resultados para estimar as emissões no período de 1990 a 1994. Entretanto, os valores apresentados, além de ilustrarem uma metodologia que poderá ser aplicada em futuros inventários, indicam a ordem de magnitude das emissões de gases não-CO₂ resultantes da queima no cerrado. Este estudo foi realizado para 1999 devido à disponibilidade de dados (imagens de satélite) para outros trabalhos. Não foi realizado para o período de 1990 a 1994 devido a limitações de natureza financeira.

Mudanças no Uso da Terra e Florestas





3.5 Mudanças no Uso da Terra e Florestas

Este setor compreende quatro categorias: (1) Mudança nos Estoques de Biomassa em Floresta e Outras Formações Lenhosas; (2) Conversão de Florestas para Outros Usos; (3) Abandono de Áreas Manejadas; e (4) Emissão e Remoção de CO₂ pelos Solos.

Na categoria Mudança nos Estoques de Biomassa em Floresta e Outras Formações Lenhosas consideraram-se somente as mudanças nos estoques de carbono de florestas plantadas, baseadas em dados reportados pela Associação Brasileira de Florestas Renováveis - ABRACAVE e pela Associação Nacional dos Fabricantes de Papel e Celulose - ANFPC.

Para as categorias Conversão de Florestas para Outros Usos e Abandono de Áreas Manejadas utilizou-se uma abordagem objetiva com dados de satélite. À exceção da Mata Atlântica, a análise das imagens de satélite incluiu mudanças na cobertura da terra resultantes tanto da conversão efetiva de florestas para outros usos quanto de alterações decorrentes de práticas de manejo sustentável de florestas.

Desta forma, as emissões reportadas neste Inventário sob a categoria Conversão de Florestas para Outros Usos incluem emissões por desflorestamentos, além daquelas que deveriam ser incluídas na categoria Mudança nos Estoques de Biomassa em Floresta e Outras Formações Lenhosas. De forma análoga, na categoria Abandono de Áreas Manejadas incluem-se as remoções resultantes da rebrota por abandono das áreas desflorestadas e das áreas convertidas, bem como aquelas sob manejo sustentável.

A metodologia aplicada neste Inventário pode resultar em uma sobreestimação das emissões de CO₂ no Brasil, em função dos seguintes fatores: (1) contabilização instantânea de todo o estoque de carbono na área convertida como emissão de CO₂, no lugar de sua distribuição ao longo do tempo, conforme o destino da biomassa (uso nas indústrias metalúrgica e energética, papel e celulose, mobiliário, construção civil e arquitetura, queima, decomposição dos resíduos florestais na área convertida); e (2) contabilização de emissões de CO₂ que ocorrem em outros países, devido à exportação de madeira e seus derivados pelo Brasil.

Adicionalmente, conforme mencionado acima, a consideração da rebrota foi feita com base em dados objetivos de observação por satélite. Independe, portanto, da consideração de se a rebrota ocorreu como resultado de uma prática declarada de manejo sustentável ou por abandono da atividade agrícola ou pecuária.

3.5.1 Mudanças nos Estoques de Florestas Plantadas

As florestas plantadas, no Brasil, atendem a diversas finalidades, dentre as quais se destacam os plantios com fins industriais que têm como objetivo principal produzir madeira destinada à indústria de celulose e papel, à indústria siderúrgica, às serrarias, à indústria de laminados e de chapas e à geração de energia a partir da lenha. Essas florestas são plantadas com finalidades específicas, obedecendo a um plano de manejo (i.e. desbastes, corte raso e rotação) que influi na quantidade e qualidade da madeira. Os plantios com outras finalidades, por sua vez, não obedecem a um plano de manejo e cumprem, prioritariamente, funções de proteção e recuperação ambiental, tais como proteção de encostas, barreiras para redução da velocidade do vento, proteção de mananciais hídricos e recuperação de áreas degradadas.

Para estimar as mudanças nos estoques de florestas plantadas no período de 1990 a 1994, foram consideradas

apenas as florestas implantadas com finalidades industriais. As de uso não industrial não foram consideradas por não apresentarem variações significativas de estoque de carbono ao longo do tempo, já que não são submetidas a desbaste ou rotação.

Para estimar as mudanças anuais de estoque ocorridas no período de 1990 a 1994, foram estimadas, primeiramente, as quantidades de carbono fixadas ano a ano. Para subsidiar este cálculo, foram coletadas informações referentes a área ocupada pelas florestas de uso industrial, espécies plantadas, tipo de manejo, taxas anuais de produção de matéria seca e fração de carbono contida na matéria seca.

Com relação à área de florestas plantadas no Brasil, os dados disponíveis apresentam divergências, sendo pequeno o número de entidades que mantêm um registro histórico com valores confiáveis das áreas de florestas plantadas a cada ano pelas suas empresas associadas, tais como a Associação Brasileira de Florestas Renováveis - ABRACAVE e a Associação Nacional dos Fabricantes de Papel e Celulose - ANFPC. Os gêneros *Pinus* e *Eucalyptus* representam mais de 80% dos plantios. As áreas de floresta plantada apresentadas na Tabela 3.5.1, foram baseadas em relatórios referentes ao período de 1969 a 1994 (ANFPC, 1994) e (FARIA, 1997).

Tabela 3.5.1 - Área de florestas plantadas - 1969 a 1994

Ano	<i>Eucalyptus</i>	<i>Pinus</i>
	(10 ³ ha)	
1969	35,0	-
1970	49,0	11,6
1971	64,8	11,4
1972	73,4	13,9
1973	77,1	12,1
1974	99,1	21,2
1975	160,5	25,3
1976	217,1	24,6
1977	235,3	27,7
1978	287,3	19,2
1979	295,1	21,0
1980	263,2	24,6
1981	509,7	19,8
1982	232,1	23,6
1983	171,2	21,7
1984	209,5	22,6
1985	233,6	19,9
1986	210,9	24,5
1987	249,9	29,5
1988	290,0	25,0
1989	303,4	24,8
1990	434,5	22,9
1991	277,1	14,8
1992	244,1	13,5
1993	886,3	17,8
1994	282,0	18,7

Fontes: ANFPC, 1994; Faria, 1997.

Os regimes de manejo, por sua vez, abrangem um conjunto de atividades distribuídas ao longo de um determinado número de anos, que se estende desde o plantio até colheita final da madeira. Estes regimes podem variar entre gêneros, espécies e até mesmo para uma espécie. O regime de produção praticado para florestas do gênero *Pinus*, por exemplo, difere, na maioria das vezes, do regime adotado em florestas do gênero *Eucalyptus*. Para estimar as mudanças de estoque adotou-se, para o gênero *Pinus*, um regime de manejo composto de três desbastes (8, 12 e 16 anos), com corte final aos 20 anos. Com relação ao gênero *Eucalyptus*, adotou-se um regime de manejo com rotação de 21 anos e três cortes rasos.

Nas florestas plantadas, a variável de maior interesse econômico é a produção de madeira, representada pelo volume de madeira do tronco por unidade de área (m³/ha). Essa produção varia ao longo do tempo e sofre influência do regime de manejo. Por esta razão, torna-se necessário uma abordagem diferenciada para

cada gênero. As estimativas de produção anual foram obtidas com base nas publicações científicas e consultas a especialistas brasileiros. A produção média anual por hectare, para o gênero *Pinus*, foi estimada em 26,25 m³ com casca; para o gênero *Eucalyptus* foi 28,33 m³ com casca.

Em razão de a densidade da madeira (relação massa/volume) variar segundo o gênero e a espécie (os valores relatados na literatura científica para a densidade básica da madeira de *Eucalyptus* são ligeiramente superiores aos encontrados para *Pinus*), foram estimados valores médios de densidade da madeira com casca para cada gênero. Para *Pinus* foi estimado um valor médio de 0,385 t/m³, e para *Eucalyptus* um valor médio de 0,425 t/m³.

As taxas anuais de produção de matéria seca variam de gênero para gênero e são representadas, principalmente, pela produção do tronco. São obtidas por meio do produto dos valores de densidade básica pela produção anual de madeira. As taxas médias anuais para os gêneros *Pinus* e *Eucalyptus* foram estimadas em 10,1 t/ha e 12,0 t/ha, respectivamente. As estimativas das taxas de produção de matéria seca das copas foram obtidas a partir da relação entre a produção da copa e a produção do tronco com casca. Com base na literatura, foram obtidos os valores médios de 25% para o gênero *Pinus* e 20% para o gênero *Eucalyptus*.

Quanto à estimativa da produção da parte subterrânea das plantações florestais, são poucas as publicações que tratam deste assunto, e abrangem, basicamente, o gênero *Eucalyptus*. De acordo com os dados disponíveis na literatura, adotou-se para ambos os gêneros o valor médio de 35% para a relação entre a produção de raízes e a produção do tronco com casca.

A fração de carbono na matéria seca, segundo a literatura, é cerca de 50%. Adotou-se este valor para a relação carbono/matéria seca para todas as partes da árvore (tronco, copa e raízes), para ambos os gêneros.

A partir desses dados foram estimadas as mudanças anuais dos estoques de carbono nas florestas plantadas, no período de 1990 a 1994, obtendo-se, para cada ano e gênero, uma estimativa do estoque de carbono acumulado até aquele ano. Isto foi feito somando-se o estoque de carbono remanescente dos plantios com diferentes idades (1 a 21

anos para *Eucalyptus* e 1 a 20 para *Pinus*) para cada ano do período.

A Tabela 3.5.2 apresenta as estimativas anuais de mudança do estoque de carbono em florestas plantadas, no período de 1990 a 1994. De acordo com os resultados apresentados, obteve-se uma estimativa média anual para as mudanças de estoque em florestas plantadas com fins industriais de 11 Tg C por ano, correspondendo a uma remoção anual média de 41,1 Tg CO₂ da atmosfera.

Tabela 3.5.2 - Mudanças de estoques de carbono nas florestas plantadas

Ano	<i>Eucalyptus</i>	<i>Pinus</i>	Total	Mudança Anual	
	(Gg C)			(Gg C)	(Gg CO ₂)
1989	95.938	19.121	115.058	-	-
1990	107.314	20.031	127.345	12.287	45.051
1991	117.597	20.975	138.572	11.227	41.167
1992	125.700	21.695	147.394	8.822	32.348
1993	135.540	22.744	158.284	10.890	39.931
1994	148.004	23.067	171.071	12.787	46.885

3.5.2 Conversão de Florestas e Abandono de Terras Manejadas

Este item do Inventário aborda emissões e remoções resultantes da conversão de florestas para agricultura, pecuária ou outros usos, assim como as remoções decorrentes do abandono de terras manejadas. A conversão de florestas para outros usos caracteriza desflorestamento e é normalmente feita através da limpeza do sub-bosque e posterior derrubada de árvores, seguida da retirada parcial da madeira para uso comercial ou uso como lenha, da queima e/ou da decomposição dos resíduos florestais.

As áreas desflorestadas ou em regeneração (rebrotam) foram obtidas por meio da análise de imagens do satélite Landsat, cujo sensor (TM) tem uma resolução espacial (30 metros), adequada para este fim. Entretanto, a análise das imagens não permite inferir sobre o destino da área desflorestada. Os dados de desflorestamento do Brasil incluem como desflorestadas todas as áreas identificadas nas imagens de satélite como tendo um padrão espectral de solo exposto (independentemente do destino final daquela área). Assim sendo, emissões resultantes de cortes em áreas manejadas são incluídas no Inventário, pela dificuldade de se discriminar áreas sob manejo florestal de outras áreas florestais.

3.5.2.1 Emissões Líquidas de CO₂

A metodologia do IPCC propõe que seja estimada a mudança no estoque de biomassa ocorrida entre o ano do Inventário e 10 anos antes. De acordo com o documento do IPCC, as emissões de CO₂ resultantes da mudança no estoque de carbono acima do solo, pela conversão, devem ser computadas como emissões imediatas, no ano da conversão. Quanto às emissões pela degradação da biomassa acima do solo, estas deveriam ser distribuídas ao longo de um período de dez anos. Sugere também que se estimem as emissões decorrentes das mudanças de estoque de carbono dos solos, as quais foram consideradas no item 3.5.3.

A metodologia utilizada neste Inventário para estimar as emissões líquidas de CO₂ seguiu, em linhas gerais, a metodologia *default* do IPCC. Entretanto, algumas adaptações foram feitas, em função da não disponibilidade



de dados, da limitação de recursos financeiros e do grau de incerteza. Assim, a mudança nos estoques de carbono foi estimada a partir das áreas de desflorestamento bruto em 1988 e em 1994 (ou seja, 6 anos, ao invés dos 10 anos sugeridos na metodologia). Considerou-se, também, que as emissões líquidas de CO₂ por conversão de florestas ocorrem no mesmo ano da conversão, independentemente do destino da biomassa da área convertida: retirada de madeira para uso comercial, queima, ou decomposição dos resíduos florestais. Isto representa uma simplificação metodológica. O IPCC sugere alternativas metodológicas onde, por exemplo, as emissões resultantes da decomposição dos remanescentes florestais podem ser distribuídas ao longo de um período de 10 anos, não necessitando, portanto, ser contabilizadas como emissões instantâneas.

O Inventário estima as emissões líquidas de CO₂, implicando que tanto as emissões quanto as remoções de CO₂ foram estimadas. Para as estimativas de emissão de CO₂ por desflorestamento (com conversão ou não de uso), foi utilizada uma metodologia mais abrangente para os biomas com maior conteúdo de biomassa, a exemplo da floresta amazônica, Pantanal e Mata Atlântica, que totalizam 64% do território nacional e compreendem a maior parte do estoque de carbono na vegetação do Brasil. Nesses casos, as estimativas das áreas desflorestadas foram geradas com base em todas as imagens úteis do satélite Landsat que cobrem esses biomas (281 cenas), e não de forma amostral. No total, 324 cenas foram analisadas. Já as estimativas das remoções foram geradas de forma amostral para quase todos os biomas considerados (à exceção do Pantanal e Mata Atlântica, que compreendem 26% do território nacional, onde todas as cenas disponíveis foram utilizadas). Foram analisadas, no total, 172 cenas Landsat (representando 22% na floresta amazônica; 26% no cerrado; 30% na caatinga; 88% na Mata Atlântica e 100% no Pantanal). Como remoção foram consideradas as áreas de regeneração das áreas desflorestadas (com conversão ou não). A relação entre número de imagens analisadas para estimar as emissões e remoções permite afirmar que as estimativas de emissão de CO₂ são mais precisas do que as de remoção.

Para estimar as emissões líquidas de CO₂ por conversão de florestas, foi desenvolvido um projeto, baseado em tecnologias de sensoriamento remoto e de sistemas de informações geográficas, que buscou desenvolver uma base de dados, por bioma, contendo os seguintes dados: a) distribuição espacial das áreas desflorestadas em dois momentos diferentes (1988 e 1994); b) distribuição espacial das áreas regeneradas nestes dois momentos; c) distribuição espacial das fisionomias florestais; e d) distribuição espacial das densidades de biomassa por tipo de vegetação.

O território do brasileiro foi dividido em seis grandes regiões: Amazônia, Cerrado, Caatinga, Pantanal, Mata Atlântica e Pampas. A área dos Pampas, localizada no extremo sul do país, não foi incluída nesse Inventário devido às suas características campestres e ao equilíbrio estável de seus remanescentes florestais.

Com relação aos dados de área desflorestada, buscou-se aproveitar a importante base de dados já existente, derivada de projetos de larga escala, tais como o Projeto de Monitoramento do Desflorestamento Bruto da Amazônia Legal (PRODES), realizado anualmente a partir de 1988 pela FUNCATE para o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), e o sistema de monitoramento dos remanescentes florestais da Mata Atlântica, desenvolvido pela organização não governamental Fundação SOS Mata Atlântica em parceria com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Para as áreas em regeneração, dados estavam disponíveis apenas para a Mata Atlântica, uma vez que o projeto PRODES avalia apenas o desflorestamento bruto, ou seja, o

desflorestamento acumulado ao longo do tempo, sem considerar as áreas regeneradas ou em regeneração. Para as áreas não abrangidas por projetos de monitoramento, optou-se por realizar uma amostragem dos dados de desflorestamento e regeneração, utilizando-se, como amostra, cenas selecionadas da grade do sensor TM/Landsat 5.

Devido ao elevado número de cenas do sensor TM que recobrem as áreas dos cinco biomas estudados, e considerando que o antropismo não ocorre de forma homogênea sobre o território, adotou-se um procedimento de amostragem baseado na estratificação das imagens segundo o grau de antropismo (percentual de área desflorestada na imagem), para estimar a regeneração da vegetação na Amazônia, o desflorestamento e regeneração no Cerrado e o desflorestamento na Caatinga. Uma análise completa de todas as cenas foi utilizada para estimar o desflorestamento na Amazônia, e o desflorestamento e regeneração no Pantanal. Na Caatinga, não foi possível estimar a regeneração, por limitações de análise das imagens devido à variação sazonal relacionada ao ciclo vegetativo.

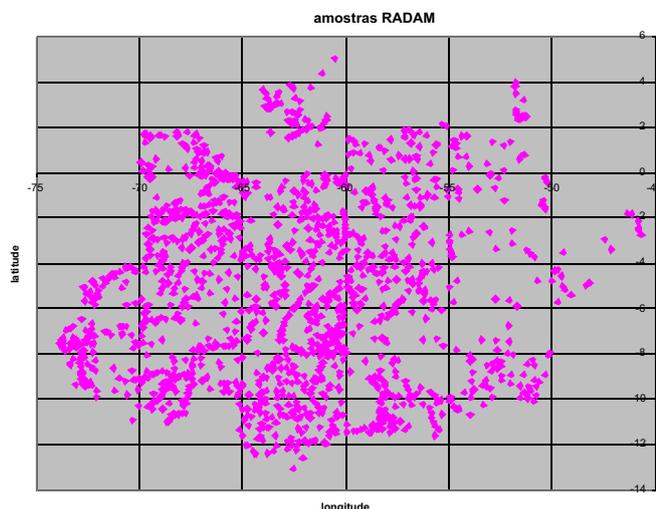
Abaixo detalha-se a metodologia utilizada para cada bioma considerado.

Amazônia

Para estimar as emissões líquidas no bioma Amazônia, foram necessários dados de área desflorestada, de área regenerada e valores de densidade de biomassa para as diferentes fisionomias vegetais. Informações sobre a área de desflorestamento bruto foram obtidas por meio da análise de 196 das 229 imagens do sensor TM/Landsat que cobrem a Amazônia Legal.

Os dados de rebrota foram estimados por meio da análise visual de um conjunto de 44 cenas amostradas do sensor TM/Landsat 5 e extrapolados para o restante do bioma. A distribuição espacial das diferentes fisionomias florestais e seus conteúdos de biomassa foram derivados do projeto RADAMBRASIL (PROJETO RADAMBRASIL, 1973-1983). O projeto coletou dados de circunferência à altura do peito e altura de árvores em unidades amostrais distribuídas pela Amazônia (Figura 3.1). Os dados de circunferência foram utilizados para estimar a biomassa e o conteúdo de carbono nas diferentes fisionomias de vegetação.

Figura 3.1 - Distribuição das amostras do Projeto RADAMBRASIL



As estimativas de biomassa foram geradas utilizando as seguintes equações alométricas (HIGUCHI *et al.*, 1998):

$$\ln P = -1,754 + 2,766 \ln D \quad \text{para } 5 \text{ cm} \leq D < 20 \text{ cm; e}$$

$$\ln P = -0,151 + 2,170 \ln D \quad \text{para } D \geq 20 \text{ cm.}$$

onde

P é a biomassa acima do solo da árvore (kg); e

D é o diâmetro à altura do peito da árvore (cm).

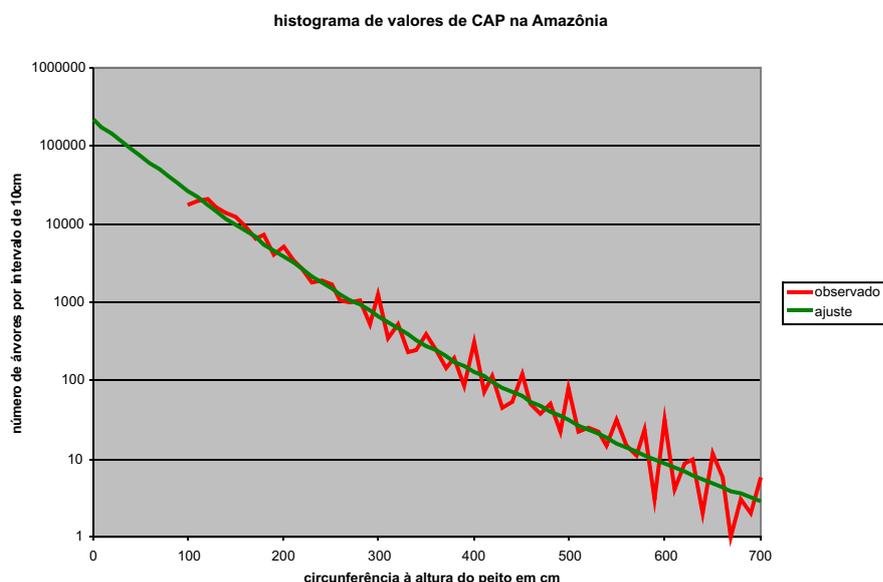
A conversão da biomassa para conteúdo de carbono, C, utilizou a relação (HIGUCHI *et al.*, 1998):

$$C \text{ (kg)} = 0,2859 P$$

Para cada unidade amostral, o conteúdo de carbono de todas as árvores foi somado e dividido pela área da unidade, resultando na estimativa da densidade de carbono na amostra.

Em razão de o RADAMBRASIL coletar dados apenas em árvores com circunferência superior a 100 cm, foi aplicado um fator de correção nos valores de densidade de carbono, de 1,316, de forma a incluir as árvores com circunferência menor (MEIRA FILHO, 2000). Esse fator baseia-se na extrapolação do histograma de circunferências das árvores amostradas no RADAMBRASIL (Figura 3.2).

Figura 3.2 - Histograma de valores de circunferência à altura do peito na Amazônia



O RADAMBRASIL não considerou palmeiras e cipós nas unidades amostradas. Assim, de forma a compensar essa omissão nas estimativas de densidade de carbono, utilizaram-se dados da literatura (HIGUCHI, 2004), que indicam valores adicionais médios de 2% para palmeiras e 1% para cipós. Essa correção foi incorporada no fator de correção de 1,316, resultando em um fator global de 1,35.

A consideração do carbono na biomassa abaixo do solo (raízes) é complexa e não foi incluída neste Inventário. Esta complexidade é reconhecida pelo IPCC, que inclui este tema no item "Refinamentos Metodológicos" (IPCC, 1997), por reconhecer que a dinâmica dos fluxos não é conhecida e que a aplicação de modelos simples pode gerar resultados não confiáveis. O IPCC indica que a consideração das raízes deve

ser incluída quando o destino do carbono nelas contido puder ser estabelecido. Esse destino depende, entretanto, da quantidade de carbono que será ou não incorporada ao solo após o corte da árvore, em consequência do novo uso da terra e das práticas de manejo. Dados na literatura científica brasileira (HIGUCHI, 2004) indicam uma razão de 0,21 entre a quantidade de biomassa nas raízes e a biomassa acima do solo para áreas avaliadas na Amazônia. Esse valor é abaixo do limite inferior (0,23) fornecido pelo IPCC (IPCC, 1997).

Para estimar a remoção de CO₂ pela rebrota em áreas desflorestadas considerou-se uma taxa anual de remoção de carbono de 4,5 tC/ha (HOUGHTON *et al.*, 2000) para fisionomias vegetais com densidade de carbono superior a 93 tC/ha; e para as fisionomias vegetais com densidades inferiores, 3,7 tC/ha (adaptado de ALVES *et al.*, 1997). Para a conversão da densidade de biomassa seca em densidade de carbono empregou-se um fator constante igual a 0,48 (CARVALHO *et al.*, 1995). O valor *default* do IPCC é 0,50 tC por tonelada de matéria seca.

Cerrado

Para estimar as emissões líquidas do bioma Cerrado, foram identificadas as áreas desflorestadas e em regeneração por abandono de terras manejadas, em imagens amostradas do sensor TM/Landsat 5. Das 103 imagens que cobrem o bioma, foram analisadas 27, selecionadas por amostragem estratificada segundo o grau de antropismo.

As estimativas da densidade média de carbono nas diferentes fisionomias vegetais foram obtidas da literatura científica brasileira (FUNCATE, 2004). Os valores calculados de carbono por tipo de vegetação foram considerados representativos dos estoques originais, sob condições de vegetação primária e sem perturbação significativa.

A partir dos dados na Tabela 3.5.3 infere-se que o conteúdo de carbono médio adotado no desflorestamento foi 45,4 tC/ha; na rebrota, 53,0 tC/ha. Considerou-se, para fins de extrapolação dos dados de desflorestamento e regeneração para todo o bioma, que os desflorestamentos e regeneração nas cenas não amostradas ocorreriam de forma proporcional àquelas observadas nas cenas amostradas, para cada classe de grau de antropismo considerada.

Na estimativa das emissões líquidas considerou-se que a regeneração, no estágio em que é identificada através da análise das imagens de satélite, recompõe a densidade de carbono aos níveis originais.

Caatinga

Para o bioma Caatinga, as estimativas das emissões líquidas foram geradas de forma similar ao bioma Cerrado. As remoções de CO₂ pelas áreas em regeneração não puderam ser estimadas devido à dificuldade de se discriminar essas áreas nas imagens de satélite, em função da variação sazonal devida ao ciclo vegetativo. Foram analisadas 16 das 53 cenas que cobrem o bioma Caatinga, selecionadas por amostragem. Os resultados foram extrapolados para toda a área. Foi atribuído um valor médio de biomassa para cada classe fitofisionômica da caatinga, utilizando dados na literatura científica brasileira (SAMPAIO, 1997).



Considerou-se, para fins de extrapolação dos dados de desflorestamento para todo o bioma, que, para cada classe de grau de antropismo considerada, os desflorestamentos nas cenas não amostradas ocorreriam de forma proporcional àqueles observados cenas amostradas.

A partir dos dados na Tabela 3.5.3 infere-se que o conteúdo de carbono médio adotado no desflorestamento foi 24,9 tC/ha.

Pantanal

Imagens do TM/Landsat 5 foram também utilizadas para estimar as áreas desflorestadas e em regeneração no bioma Pantanal. Todas as 15 cenas que englobam o bioma Pantanal foram consideradas. Foram constituídas classes homogêneas de cobertura, seguindo indicações de especialistas. A cada classe agrupada foi associado um valor médio de densidade de biomassa acima do solo, com base nos dados da literatura (GOODLAND, 1971; DELITTI, 1984; CESAR *et al.*, 1988, citados por DELITTI e MEGURO, 1997).

Na estimativa das emissões líquidas considerou-se que a regeneração, no estágio em que é identificada através da interpretação das imagens de satélite, recompõe a densidade de carbono aos níveis originais.

A partir dos dados na Tabela 3.5.3 infere-se que o conteúdo de carbono médio adotado no desflorestamento foi 63,0 tC/ha; na rebrota, 49,7 tC/ha.

Mata Atlântica

Para estimar as emissões e remoções de CO₂ no bioma Mata Atlântica, utilizou-se os dados do projeto Remanescentes da Mata Atlântica e Outros Ecossistemas Associados, desenvolvido pela Fundação SOS Mata Atlântica em parceria com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, abrangendo o período 1990-1995. Foram consideradas 70 cenas TM/Landsat 5, dentre as 80 associadas ao bioma Mata Atlântica. O bioma foi dividido em três classes de vegetação: mata, restinga e mangue. Para cada uma delas foram obtidas as áreas de desflorestamento e de regeneração, no período.

Os valores médios de biomassa atribuídos a cada uma dessas classes foram obtidos da literatura científica brasileira (DELITTI e BURGER, 1997); (SILVA, 1999). As densidades de carbono utilizadas foram:

- Mata: 123,6 tC/ha para desflorestamento e remoção anual de 2,4 t C/ha por rebrota;
- Restinga: 61,8 tC/ha para desflorestamento e 1,44 tC/ha por rebrota; e
- Mangue: 31,4 tC/ha, tanto para desflorestamento quanto para rebrota.

A Tabela 3.5.3 apresenta o resultado líquido das emissões por fontes e remoções por sumidouros associadas à mudança de uso da terra no Brasil, por bioma, conforme foram estimadas neste Inventário, para o período 1988-1994.

Tabela 3.5.3 - Emissões líquidas por conversão de florestas e abandono de terras manejadas, por bioma - 1988 a 1994

Bioma	Desflorestamento		Regeneração		Emissões Líquidas Anuais		
	Área no período (1988 - 1994)	Emissão Bruta Anual	Área Total	Remoção Anual			
	(10 ³ km ²)	(Tg C/ano)	(10 ³ km ²)	(Tg C/ano)	(Tg C/ano)	(Tg CO ₂ /ano)	(%)
Amazônia - cenas amostradas para estimar a regeneração	39,2	66,9	36,0	15,1	51,8	189,9	
Amazônia - demais cenas	52,9	84,9	46,3	19,8	65,1	238,8	
Amazônia	92,1	151,7	82,3	34,9	116,9	428,6	59
Cerrado - cenas amostradas	28,6	22,5	6,6	5,1	17,3	63,6	
Cerrado - demais cenas	60,1	44,7	11,1	10,5	34,1	125,1	
Cerrado	88,7	67,1	17,7	15,7	51,5	188,7	26
Mata Atlântica*	4,6	11,8	2,0	0,5	11,3	41,3	6
Caatinga - cenas amostradas	11,3	5,2	-	-	5,2	19,2	
Caatinga - demais cenas	12,6	4,7	-	-	4,7	17,3	
Caatinga	24,0	10,0	-	-	10,0	36,5	5
Pantanal	9,8	10,3	3,4	2,8	7,5	27,4	4
TOTAL	219,2	250,9	105,5	53,8	197,1	722,5	100

* Período 1990-1995.

A metodologia empregada permite apenas obter as emissões líquidas anuais médias no período estudado. Para avaliar, mesmo que de maneira aproximada, a variação das emissões anuais, utilizou-se as estimativas anuais do

desflorestamento bruto na Amazônia, obtidas pelo projeto PRODES, assumindo correlação perfeita entre esses valores e os valores de emissão líquida em todos os biomas. Os resultados são apresentados na Tabela 3.5.4.

Tabela 3.5.4 - Emissões líquidas por conversão de florestas e abandono de terras manejadas - 1990 a 1994

	1990	1991	1992	1993	1994	Varição 90/94
	Tg CO ₂					(%)
Desflorestamento bruto	882,5	711,2	880,9	951,9	951,9	8
Regeneração	189,4	152,6	189,0	204,3	204,3	8
Emissões líquidas	693,1	558,6	691,9	747,6	747,6	8

EMIÇÃO DE CO₂ POR CORTE SELETIVO DE MADEIRA

Além de atividades de desflorestamento por corte raso, há emissões resultantes do corte seletivo de madeira. As áreas afetadas pelo corte seletivo podem ser posteriormente objeto de corte raso, ou abandonadas, levando a uma regeneração natural e consequente reposição do estoque de carbono. O corte seletivo é desenvolvido de forma diferenciada na Amazônia, desde a exploração por empresas com boa infraestrutura, como em Paragominas, até exploração manual, como em Tailândia, ao longo da rodovia PA150. Uma avaliação das atividades de corte seletivo na Amazônia foi conduzida no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) por Krug *et al.* (2001), utilizando imagens TM-Landsat 5 na escala 1:250.000, cobrindo todas as áreas afetadas por corte seletivo identificadas através de análise visual. A observação de todas as 229 imagens que cobrem a Amazônia brasileira levou à identificação de 26 de tais cenas, que apresentaram diferentes graus de intensidade de corte seletivo. Essas cenas foram observadas em cada ano do período entre 1988 e 1998, e apresentaram um incremento médio anual de 1.561 km², com desvio padrão de 713 km². Várias outras estimativas podem ser encontradas na literatura, com estimativas variando entre 3.000 e 19.000 km². São várias as justificativas para tal discrepância, entre elas o fato de alguns autores basearem suas estimativas em inferências não objetivas, como as fornecidas por imagens de satélite; hipóteses sobre o tempo de permanência de cicatrizes de corte seletivo em imagens; hipóteses sobre uma área *buffer* adicional à área de corte seletivo identificada nas imagens de satélite, para considerar os danos resultantes do corte, entre outros. Considerando que as imagens de satélite apresentam limitações na identificação de áreas de corte seletivo de baixa intensidade, a área identificada em Krug *et al.* (2001) foi ampliada 2,5 vezes. Atualmente, pesquisas têm sido realizadas para diminuir as incertezas das estimativas da área afetada por corte seletivo geradas a partir da análise de imagens orbitais. Esses dados, apesar das incertezas associadas, permitem monitorar regularmente uma área tão ampla como a Amazônia, que compreende 3.500.000 km² de área de floresta primária. Adotou-se a estimativa de 4.000 km² anuais de corte seletivo, para fins de se estimar as emissões de CO₂ decorrentes desta atividade. Vários experimentos têm sido conduzidos na Amazônia brasileira, no âmbito do Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA), para estimar os fluxos de gases em áreas de corte seletivo. Esses fluxos são distintos em diferentes áreas de corte seletivo, dependendo, em particular, da intensidade do corte seletivo. Assim, idealmente, essas áreas deveriam ser estratificadas por classes de intensidade de corte. Apesar desta estratificação não ter sido feita, utilizou-se os dados do estudo de Krug *et al.* (2002) que indicou que 15% das áreas de corte seletivo no período de 1988 a 1998 foram posteriormente desflorestadas e 38% estavam em estágio avançado de regeneração (resposta espectral nas imagens Landsat semelhante à da floresta primária). O restante das áreas (47%) ainda apresentava cicatrizes de corte seletivo nas imagens. As emissões de CO₂ nas áreas de corte seletivo posteriormente desflorestadas não foram contabilizadas, uma vez que são incorporadas no projeto PRODES, no tempo apropriado. Segundo Fearnside (1994), no uso de estimativas de biomassa em cálculos de emissões de gases de efeito estufa, deve-se tomar cuidado para evitar a dupla contagem do carbono afetado pela exploração madeireira. Isto ocorreria se a biomassa da floresta pré-exploração fosse utilizada em um cálculo que computasse as emissões de carbono através da exploração madeireira, quando o mesmo valor para biomassa fosse usado para emissões do desmatamento. Desta forma, estaria se contabilizando o mesmo carbono duas vezes: quando as florestas são derrubadas, e quando os produtos da exploração madeireira se decompõem. As emissões nas áreas de corte seletivo, abandonadas para regeneração, também não foram contabilizadas por se admitir que o CO₂ emitido é reincorporado durante o processo de regeneração. Admitiu-se que os restantes 47% sofreram intensidade média de exploração. Segundo Uhl *et al.* (1991), um dano considerável ocorre durante o processo de corte. A maior parte deste dano (55%) se concentra nas aberturas de copa que resultam do processo de queda das árvores. Os resultados ilustram que há uma ampla regeneração natural de espécies madeireiras após o corte seletivo, devido à abundância de luz e nutrientes, na forma de material em decomposição, em tais áreas. Entretanto, as espécies mais abundantes na regeneração não são necessariamente as mesmas extraídas durante a atividade de corte. As emissões líquidas de CO₂ resultantes do corte seletivo dependem da intensidade da exploração. Não há dados confiáveis na literatura para representar esta heterogeneidade, a não ser os dados preliminares resultantes do Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera da Amazônia, baseado em dados coletados em torre instalada em área de corte seletivo de baixa intensidade. Para esta área, os resultados preliminares indicam uma emissão anual líquida de 2 tC/ha. Indicam também que os impactos da atividade de corte seletivo são maiores no ano do corte e se diluem nos anos seguintes. Com base neste resultado, e por falta de dados observacionais em áreas de intensidade média de exploração, admitiu-se uma emissão líquida de 10 tC/ha, e impacto diluído ao longo dos 3 anos subsequente ao corte, com emissão líquida de 1 tC/ha. A utilização dessas hipóteses conduz a uma estimativa anual de emissão por corte seletivo de madeira de 2,4 Tg de carbono. Em função da necessidade de aprofundamento dessa análise, o presente Inventário não inclui uma estimativa de emissão de CO₂ por corte seletivo de madeira.



3.5.2.2 Emissões de outros Gases de Efeito Estufa por Queima na Área de Desflorestamento

A metodologia utilizada para estimativa das emissões de CO₂ considera a emissão imediata de todo o carbono da biomassa existente na área desflorestada, independente do seu destino. Para a estimativa das emissões de outros gases de efeito estufa deve-se considerar apenas a parcela de biomassa que é realmente queimada na área.

Para isso, deve ser descontada do total de biomassa deflorestada a madeira utilizada para fins comerciais (móveis e construção) e a lenha destinada à geração de energia em outros locais. A emissão de gases de efeito estufa não-CO₂ pela combustão de lenha fora da área de desflorestamento já é estimada no setor Energia (item 3.1.2.2).

Para estimar a quantidade de madeira retirada para usos comerciais, exceto a usada como lenha, foram utilizadas as estatísticas do IBGE. Trabalho elaborado para estimar a porcentagem de madeira retirada (RODRIGUES *et al.*, 2004), mostra uma grande variação em função da área estudada, obtendo um valor médio de 4% do total de biomassa contida na área desflorestada. Esse valor é considerado subestimado por apenas considerar a madeira comercializada com registro. Com base em comunicação pessoal com especialistas do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) adotou-se o valor total de 6% para a quantidade de madeira retirada.

Para a estimativa da parcela de biomassa desflorestada utilizada como lenha, foram utilizadas as informações contidas no Balanço Energético Nacional (MME, 1998) sobre o consumo de lenha nos diversos setores, inclusive para produção de carvão vegetal. Os valores estimados para consumo de lenha incluem tanto lenha originada de florestas nativas quanto lenha de áreas de reflorestamento. Adotou-se o critério de que toda a lenha provém de florestas nativas exceto para a utilizada no setor industrial e para a utilizada nas carvoarias. Para quase todos os setores industriais considerou-se que 50% da lenha provém de florestas nativas e o restante, de reflorestamentos. Para os setores de papel e celulose, cimento e metalurgia adotou-se o critério de que toda lenha provém de reflorestamentos. Para as carvoarias adotou-se uma composição variável no tempo, de acordo com informação de consumo de carvão vegetal proveniente de reflorestamento (Parte III, Tabela 1.8.1). Essa análise conduziu a uma estimativa de que 9% do total de biomassa contida na área desflorestada foi utilizada como lenha.

Para a estimativa da emissão dos gases CH₄, N₂O, CO e NO_x foi utilizada a metodologia do IPCC. Para a fração de biomassa efetivamente queimada (eficiência de combustão) adotou-se o valor 0,5 (CARVALHO *et al.*, 2001). Adotou-se os valores *default* do IPCC para fatores de emissão e relação N/C.

A Tabela 3.5.5 apresenta o resultado das emissões desses gases para o período 1988-1994.

Tabela 3.5.5 - Emissões de gases de efeito estufa não-CO₂ por queima de biomassa nas áreas de conversão de florestas - 1990 a 1994

Gás	1990	1991	1992	1993	1994	Variação 90/94
	(Gg)					(%)
CH ₄	1.615	1.283	1.638	1.793	1.805	12
N ₂ O	11,1	8,8	11,3	12,3	12,4	12
CO	14.132	11.230	14.331	15.693	15.797	12
NO _x	401	319	407	446	449	12

3.5.3 Emissões e Remoções de CO₂ pelos Solos

As emissões líquidas de CO₂ pelos solos estão associadas, principalmente, às mudanças na quantidade de carbono neles estocado. A liberação de CO₂ também pode ser proveniente de fontes inorgânicas como os calcários aplicados ao solo para melhorar a sua fertilidade. Em ecossistemas nativos, o clima e as condições do solo são os determinantes primários do balanço de carbono, porque controlam as taxas de produção e decomposição. Entretanto, em sistemas agrícolas, o tipo de uso e o manejo dos solos atuam modificando tanto a entrada de matéria orgânica como a taxa de decomposição, através da produção de resíduos, da seleção de cultivares, da fertilização, dos procedimentos de colheita, dos métodos de preparo do solo e do manejo dos resíduos.

Invariavelmente, a derrubada da vegetação nativa seguida de cultivo leva à redução do conteúdo de carbono do solo (DETWILLER, 1986; BROWN & LUGO, 1990; SCHLESINGER, 1986). Diversas revisões de literatura mencionam perdas entre 20% a 40% ou mais (DETWILLER, 1986; SCHLESINGER, 1986). Contudo, exceções à regra ocorrem, como nos casos de pastagens bem manejadas, onde o estoque de carbono pode chegar a níveis iguais ou até superiores aos encontrados sob vegetação nativa (NEPSTAD *et al.*, 1991; CERRI *et al.*, 1991; MORAES *et al.*, 1995; e NEILL *et al.*, 1997). Entretanto, essas condições não são encontradas no Brasil, onde se estima que mais de 50% das pastagens estejam degradadas ou em declínio acentuado de produtividade (MACEDO, 1995; SPAIN *et al.*, 1996; FEARNside e BARBOSA, 1998; VEIGA e SERRÃO, 1987).

A metodologia utilizada para estimar as emissões e remoções de CO₂ pelos solos por mudanças de uso da terra segue as diretrizes gerais do IPCC (IPCC, 1997), sendo considerados os seguintes processos: i) emissões e remoções de CO₂ provenientes dos solos minerais em razão das mudanças de uso da terra e práticas de manejo; ii) emissões de CO₂ decorrentes da reação de neutralização de calcários utilizados na agricultura; iii) emissões de CO₂ por uso de solos orgânicos pela rápida oxidação de matéria orgânica. A Tabela 3.5.6 apresenta as estimativas de emissões e remoções para cada um dos processos.

Tabela 3.5.6 - Emissões e remoções de CO₂ pelos solos - 1990 a 1994

Subsetor	1990	1991	1992	1993	1994	Variação 90 - 94
	(Gg CO ₂)					
Mudança no uso da terra e práticas de manejo	93.259	83.887	74.514	65.142	55.769	-40
Uso de calcário	5.103	4.719	6.780	8.650	8.991	76
Solos orgânicos	11.871	12.168	12.041	11.686	10.853	-9
TOTAL	110.233	100.744	93.335	85.478	75.613	-31

3.5.3.1 Emissões e remoções de CO₂ dos solos minerais por mudança do uso da terra e práticas de manejo

Para se estimar as emissões de CO₂ provenientes dos solos causadas por mudanças de uso da terra, são necessárias duas fontes de dados: i) os estoques de carbono representativo de solo (estoque sob condição de floresta primária); ii) as mudanças de uso da terra ocorridas em um período de 20 anos. Em virtude da indisponibilidade de dados sobre estoques de carbono representativos, estes tiveram de ser estimados.

Estimativa do estoque original de carbono de solos sob vegetação nativa

A metodologia para estimar os estoques de carbono representativos baseou-se nas seguintes etapas: 1) elaboração do mapa de Associações Solo-Vegetação (ASV) para o Brasil; 2) organização de uma base de dados contendo os perfis de solos, reunindo informações como concentração de carbono, tipo de solo e vegetação nativa; 3) cálculo dos estoques individuais de carbono (perfil a perfil); 4) estimativa dos valores representativos de carbono de solo sob vegetação nativa para cada categoria ASV.

O mapa de ASV, baseado na hipótese de que existe uma relação direta entre clima, vegetação e estoque de carbono nos solos, é uma adaptação da metodologia proposta pelo IPCC (1997), que prevê um mapa de associações solo-clima.

Esse mapa de associações solo-vegetação foi elaborado em três etapas: i) estratificação do mapa original de solos em seis grandes grupos de solos, de acordo com algumas características recomendadas pelo IPCC (1997), como o tipo de argila (de atividade alta ou baixa), textura e drenagem dos solos;

ii) estratificação do mapa de vegetação do Brasil em 15 grandes classes, de acordo com a tipologia da vegetação e/ou a localização geográfica; iii) combinação dos mapas de solo e de vegetação, resultando em 75 classes (das 90 possíveis).

A organização da base de dados de perfis de solos foi elaborada usando informação já publicada em inventários nacionais e regionais. A maior parte das informações sobre perfis de solos originou-se do projeto RADAMBRASIL (MME, 1973-1983); (IBGE, 1986-1987) e das descrições de solos da

EMBRAPA em escala estadual (EMBRAPA/SNLCS, 1978-1980). As seguintes informações foram consideradas para cada perfil de solo: localização (coordenadas geográficas ou cidade correspondente), tipo de solo, tipo de vegetação ou uso, horizontes analisados, concentração de carbono (métodos do tipo Walkley-Black, WALKLEY e BLACK, 1934), densidade aparente do solo (DAP) e conteúdo de argila (método da pipeta - DAY, 1965). No total, 3.969 perfis de solos foram incorporados à base de dados.

Estimou-se o estoque de carbono representativo (ECR) de cada horizonte, através do produto das seguintes variáveis: densidade aparente dos solos (DAP); concentração de carbono; e espessura de cada horizonte pedogenético (i.e. A, B e C), até o limite de 30 cm de profundidade. Onde não havia registros de DAP, aplicaram-se os modelos desenvolvidos (BERNOUX *et al.*, 1998) para solos da Amazônia.

Os valores de ECR variaram entre 1,51 kg C/m² (Solos Arenosos sob vegetação de Estepe na região nordeste) e 41,8 kg C/ m² (Outros Solos, na Mata Atlântica). Mais de 75% da área de todas as categorias ASV obtiveram o ECR situado entre 3 e 6 kg C/m² e 41% entre 4 e 5 kg C/m².

O potencial de carbono na camada superior (0-30 cm) de solos sob vegetação nativa foi obtido através da combinação da tabela de ECR e do mapa das associações ASV. Os resultados indicam 36,4 ± 3,4 Pg de carbono originalmente armazenados em 8.456.931 km².

Os estoques originais estimados de carbono dos solos na camada de 0 a 30 cm de solo, para cada região, são apresentados na Tabela 3.5.7. Os valores variaram entre 31,7 t C/ha (região Nordeste) e 60,5 t C/ha (região Sul).

Tabela 3.5.7 - Estoque de carbono representativo (ECR) no solo para a camada superior de 30 cm

Região	Área total	Área de uso da terra	Carbono total (0-30 cm) ¹	ECR
	(km ²)	(km ²)	(Tg C)	(t C/ha)
Norte	3.869.638	3.822.534	17.789	46,5
Nordeste	1.561.178	1.540.743	4.886	31,7
Sudeste	927.297	923.105	3.725	40,4
Sul	577.214	559.661	3.388	60,5
Centro-Oeste	1.612.077	1.610.888	6.591	40,9
BRASIL	8.547.404	8.456.931	36.378	43,0

Fontes: Cerri *et al.*, 2002. ¹Bernoux *et al.*, 2001.

Emissões de CO₂

As estimativas de emissões de CO₂ por mudanças de uso da terra, devido às alterações no estoque de carbono, foram feitas a partir da diferença observada em um período de 20 anos. O estoque de carbono em um determinado ano foi obtido através do produto do estoque de carbono representativo, pela área ocupada por cada classe de uso da terra e o fator de impacto.

O fator de impacto representa as alterações no estoque de carbono (na maioria das vezes, perdas) em função da



mudança de uso da terra e das práticas de manejo utilizadas, conforme a metodologia do IPCC (IPCC, 1997). O fator de impacto é obtido multiplicando-se o fator de base pelo fator de intensidade de cultivo e pelo fator nível de entrada. Resumidamente, o fator de base representa a perda de carbono em função da conversão de floresta para uso agrícola, o fator de intensidade de cultivo representa as perdas de carbono em função do manejo do solo (i.e. aração, gradagem) e o fator nível de entrada representa a quantidade de matéria orgânica que é incorporada aos solos. A Tabela 3.5.8 apresenta os coeficientes utilizados para os fatores de impacto.

Tabela 3.5.8 - Fatores usados para as diferentes categorias de uso da terra

Categoria de uso da terra ¹	Fator de base	Fator intensidade de cultivo	Fator nível de entrada	Fator de impacto
	(a)	(b)	(c)	(a x b x c)
Culturas ² : CP / CT / TD	0,6	0,9	0,8	0,432
Pastagens ³ : PN / PP	0,9	NA ⁴	NA	0,9
Florestas ⁵ : FN / FP	1,0	NA	NA	1,0
Outros ⁵ : NU / TI / OU	1,0	NA	NA	1,0

¹ Significado das abreviações: CP - cultura permanente; CT - cultura temporária; TD - terra em descanso; PN - pastagem natural; PP - pastagem plantada; FN - floresta nativa; FP - floresta plantada; NU - terra produtiva não utilizada; TI - terras impróprias para agricultura; OU - área não utilizada por estabelecimentos rurais;

² O fator intensidade de cultivo corresponde ao nível pleno (i.e. com aração e gradagem) e o fator nível de entrada a um nível baixo de entradas (i.e. manejo de solos sem incorporação de matéria orgânica);

³ Considerando 50% das pastagens não melhoradas (MACEDO, 1995; SPAIN *et al.*, 1996), com um fator base associado de 0,7, e 50% da pastagem melhorada, com fator de base de 1,1;

⁴ Não aplicável;

⁵ Valor básico de referência = 1,0.

As emissões anuais pelos solos por mudanças de uso da terra foram estimadas em 93,3 Tg CO₂ e 55,8 Tg CO₂ para o período de 20 anos terminado em 1990 e em 55,8 Tg CO₂ para o período terminado em 1994. A Tabela 3.5.9 apresenta os resultados por região.

Tabela 3.5.9 - Emissões médias de CO₂ por região - 1990 a 1994

Estado/região	1990	1991	1992	1993	1994
	(Gg CO ₂)				
Norte	22.517	21.721	20.925	20.129	19.332
Nordeste	21.433	19.507	17.582	15.657	13.731
Sudeste	6.749	4.672	2.595	517	-1.560
Sul	11.835	8.901	5.966	3.031	97
Centro-Oeste	30.725	29.086	27.447	25.808	24.169
BRASIL	93.259	83.887	74.514	65.142	55.769

Nota: valores positivos representam emissões líquidas de carbono e valores negativos, absorção.

3.5.3.2 Emissões por Uso de Calcário nos Solos

As emissões de CO₂ decorrentes do uso de calcário para combater a acidez de solos agrícolas podem ser estimadas a partir da composição e da quantidade aplicada anualmente no país (IPCC, 1997). As informações sobre as quantidades

de calcário agrícola comercializadas anualmente no Brasil, por estado, no período entre 1990 a 1994, foram fornecidas pela Associação Brasileira de Produtores de Calcário Agrícola - ABRACAL. Devido à falta de dados mais detalhados sobre a composição do calcário vendido no país, assumiu-se que o calcário consumido no país é composto basicamente de carbonato de cálcio. As emissões correspondentes foram obtidas usando-se o fator de emissão de 0,44 t CO₂/ t CaCO₃.

As emissões anuais decorrentes da utilização de calcário foram estimadas em 5,10 Tg CO₂ para o ano de 1990 e em 8,99 Tg CO₂ para o de 1994. A Tabela 3.5.10 apresenta os resultados por região.

Tabela 3.5.10 - Emissões anuais de CO₂ decorrentes da utilização de calcário na agricultura - 1990 a 1994

Estado/ Região	1990	1991	1992	1993	1994	Variação 90 - 94
	(Gg CO ₂)					(%)
Norte	0	0	0	3	3	-
Nordeste	81	97	210	257	505	520
Sudeste	1.666	1.795	2.301	2.654	3.097	86
Sul	2.255	1.428	2.570	3.186	3.243	44
Centro-Oeste	1.101	1.399	1.698	2.549	2.144	95
BRASIL	5.103	4.719	6.780	8.650	8.991	76

3.5.3.3 Emissões de CO₂ pelos Solos Orgânicos

A conversão de solos orgânicos para agricultura é normalmente acompanhada por drenagem artificial, cultivo e calagem, resultando em rápida oxidação de matéria orgânica e estabilização do solo. Por falta de informação específica para as condições brasileiras, foi utilizado o fator de emissão *default* do IPCC para sistemas tropicais, de 20 toneladas de carbono por hectare/ano, nas terras cultivadas. Foram consideradas apenas as áreas de várzea utilizadas para o cultivo de arroz, identificadas como as únicas onde ocorre a drenagem, condição necessária para a ocorrência de emissões de CO₂.

As emissões anuais de CO₂ decorrentes do cultivo de solos orgânicos foram estimadas em 11,9 Tg para o ano de 1990, e 10,9 Tg, para o ano de 1994. A Tabela 3.5.11 apresenta a área dos solos orgânicos cultivados e as emissões correspondentes de CO₂.

Tabela 3.5.11 - Emissões de CO₂ pelos solos orgânicos - 1990 a 1994

	1990	1991	1992	1993	1994
Solos orgânicos cultivados (ha)	161.883	165.922	164.191	159.361	147.998
Emissões de CO ₂ (Gg)	11.871	12.168	12.041	11.686	10.853

3.5.4 Emissões de Dióxido de Carbono e Metano pelos Reservatórios Hidrelétricos Brasileiros

A estimativa das emissões de CO₂ provenientes da biomassa alagada em reservatórios é incluída no presente inventário na estimativa de emissões de CO₂ por conversão de florestas relatada na item 3.5.2. As diretrizes metodológicas do IPCC, utilizadas neste Inventário, não contemplam a estimativa de emissões de CH₄ em reservatórios. No Brasil, excetuando-se os estudos da COPPE/UFRJ para a Eletrobrás e em 1992 - 1993 (nos reservatórios de Samuel, Tucuruí e Balbina), não havia registro de estudos científicos *in loco*, em que fossem utilizados procedimentos de amostragem sistematizada, sobre as emissões de gases de efeito estufa (tanto por ebulição quanto por difusão molecular). Um estudo específico, com medições de emissões em reservatórios, foi então realizado, visando o desenvolvimento de uma metodologia para estimar as emissões de metano em reservatórios de hidrelétricas no país, para ser aplicada no presente inventário. Em função da limitação de recursos, o número de reservatórios estudados teve que ser limitado.

Estabeleceu-se como critério para a escolha dos reservatórios, a seleção de parâmetros que pudessem explicar as variações nas medições dos gases. Dentre esses parâmetros, destacam-se: latitude geográfica; condições meteorológicas; idade do reservatório (tempo de fechamento); presença de atividades antrópicas; condições de conservação ambiental; e tempo de residência da água. Foram selecionados sete reservatórios localizados em várias latitudes, biomas diferentes e de diversas idades de enchimento do reservatório para avaliar as emissões. Foram feitas medições, em condições meteorológicas distintas, nos reservatórios de Miranda, Barra Bonita, Segredo, Três Marias, Xingó, Samuel e Tucuruí. Empregou-se aqui dados adicionais das medições realizadas nos reservatórios de Itaipu e de Serra da Mesa. Cabe destacar que as metodologias de medição empregadas em todos os casos foram essencialmente as mesmas.

As latitudes abrangidas vão de 2° S a 25° S e os tipos de vegetação compreendem a floresta equatorial úmida, a floresta subtropical, a Mata Atlântica, o cerrado e a caatinga (semi-árido), incluindo os principais ecossistemas brasileiros. As idades de inundação dos reservatórios hidrelétricos variam de um a vinte anos, o que confere boa representatividade temporal ao estudo. A Tabela 3.5.12 a seguir fornece uma descrição sucinta dos reservatórios pesquisados.

Tabela 3.5.12 - Sinopse da caracterização dos reservatórios hidrelétricos estudados e referenciados

Usina	Latitude	Bioma	Potência	Área do reservatório	Densidade de potência
			(MW)	(km ²)	(W/m ²)
Miranda	18°55' S	Cerrado	390	51	7,71
Três Marias	18°13' S	Cerrado	396	1.040	0,38
Barra Bonita	22°31' S	Mata Atlântica	141	312	0,45
Segredo	25°47' S	Mata Atlântica	1.260	82	15,37
Xingó	9°37' S	Caatinga	3.000	60	50,00
Samuel	8°45' S	Amazônia	216	559	0,39
Tucuruí	3°45' S	Amazônia	4.240	2.430	1,74
Serra da Mesa*	13°50' S	Cerrado	1.275	1.784	0,71
Itaipu*	25°26' S	Mata Atlântica	12.600	1.549	8,13

* Reservatórios estudados em campanhas paralelas às deste trabalho.
 FONTE: ANEEL, 2000.

As emissões de metano em cada um dos reservatórios selecionados, seja por bolhas seja pela troca por difusão entre água e atmosfera, foram avaliadas por amostragem, com subsequente extrapolação dos resultados para se obter um valor para o reservatório. Constatou-se uma grande variabilidade na intensidade das emissões, tendo sido identificada a influência de vários fatores entre os quais a temperatura, a profundidade no ponto de medição, o regime de ventos, a insolação, os parâmetros físico-químicos da água, a composição da biosfera e o regime de operação do reservatório. A Tabela 3.5.13 apresenta os valores das emissões encontradas em cada um dos reservatórios pesquisados.

Tabela 3.5.13 - Resumo das emissões de metano dos reservatórios hidrelétricos estudados e referenciados

Hidrelétrica	Ebulição	Difusão	Total
kg CH ₄ /km ² /dia			
Miranda	23,8	130,3	154,1
Três Marias	164,5	31,8	196,3
Barra Bonita	3,9	17,0	20,9
Segredo	1,8	7,0	8,8
Xingó	10,8	29,3	40,1
Samuel	16,5	87,6	104,1
Tucuruí	7,8	101,6	109,4
Serra da Mesa*			51,1
Itaipu*			20,8

* Valores medidos em outros estudos.



Uma constatação importante foi a baixa correlação apresentada entre as emissões e a idade do reservatório, o que pode estar associado ao fato de as emissões variarem não só em função da decomposição do estoque de biomassa terrestre preexistente, mas também em função da matéria orgânica proveniente de outras fontes, tais como as que provêm da drenagem a montante (i.e. carbono de biomassa, de solo, de esgoto e de águas residuais) e a que é produzida internamente no lago (i.e. produção de fitoplâncton). Esse fato dificulta a separação entre emissões antrópicas por alagamento dos reservatórios daquelas que ocorreriam na ausência da barragem. Devido a essas considerações, as incertezas quanto às emissões antrópicas medidas são elevadas e precisam ser melhoradas através do aprofundamento das pesquisas já desenvolvidas.

Por esses motivos não foi possível estimar as emissões antrópicas de CH_4 pelos reservatórios para este Inventário. Com base nas metodologias de medição desenvolvidas neste trabalho, e na experiência de análise dos resultados obtidos, um novo estudo está em andamento visando a obtenção de uma maior quantidade de medidas e diminuição da incerteza dos resultados. Também está prevista a realização de estudo de avaliação das emissões antes da construção de um reservatório, tendo sido selecionada a área da futura hidrelétrica de Belo Monte, para permitir a comparação com emissões a serem medidas após sua construção, com o objetivo de identificar o componente antrópico dessas emissões.

Em relação à comparação entre hidrelétricas e termelétricas, lembrando que os valores estimados para as hidrelétricas incluem emissões não totalmente antrópicas e há possivelmente dupla contagem de emissões de metano de esgotos, principalmente domésticos, lançados nos reservatórios, as hidrelétricas estudadas, de um modo geral, têm emissões associadas menores que termelétricas equivalentes. Hidrelétricas com maiores densidades de potência (potência/área alagada W/m^2), como Itaipu, Xingó, Segredo e Miranda, têm os melhores desempenhos, bem melhores do que termelétricas com a tecnologia mais moderna, a gás natural com ciclo combinado, com eficiência de 50%. Ao contrário, algumas hidrelétricas com baixa densidade de potência, como Samuel (e também Balbina estudada anteriormente), têm desempenhos pouco acima ou piores que termelétricas equivalentes.

Tratamento de Resíduos





3.6 Tratamento de Resíduos

A disposição de resíduos sólidos e o tratamento de esgotos domésticos ou industriais podem produzir emissões de gases de efeito estufa. Emissões de CH_4 ocorrem tanto devido a disposição de resíduos sólidos quanto ao tratamento anaeróbico de esgotos e águas residuárias. Emissões de N_2O também ocorrem devido ao tratamento de esgotos domésticos. A incineração de lixo, como toda combustão, provoca emissões de gases de efeito estufa, dependendo da composição dos resíduos, mas essa atividade é bastante reduzida no Brasil.

A metodologia proposta pelo IPCC (IPCC, 1997) conduz ao levantamento de dados estatísticos para a definição das características populacionais e do parque industrial do Brasil. É necessário conhecer o total da população urbana, além das condições de tratamento dos efluentes e de disposição de resíduos. Isso implica em determinar o volume gerado de resíduos, a concentração de matéria orgânica presente e os recursos de saneamento empregados naquele ano, como instalações de aterros ou lixões e estações de tratamento de esgotos com processos anaeróbios. Muitas dessas informações não estão disponíveis para todo o país e outras têm incertezas muito elevadas.

O Brasil tinha, em 1990, uma população de 150 milhões de pessoas, com densidade populacional de 17,6 hab/km². Essa densidade, porém, varia

muito entre as diversas regiões: Norte, com 5% da população, tinha 1,9 hab/km²; Nordeste, com 29%, 28,2 hab/km²; Sudeste, com 44%, 70,4 hab/km²; Sul, com 16%, 41,6 hab/km² e Centro-Oeste, com 6%, 5,9 hab/km².

O Brasil tem apresentado uma tendência à urbanização muito maior que a média mundial. Segundo o IBGE (1997), no período de 1991 a 1996, 78% da população vivia em áreas urbanas.

Essa tendência à urbanização afeta a escolha dos sistemas de tratamento e coleta de sólidos e águas residuárias. O aumento desordenado da população e o desenvolvimento de grandes núcleos urbanos sem planejamento dificultam as ações de manejo de resíduos.

3.6.1 Disposição de Resíduos Sólidos

Os depósitos de lixo, aterros e lixões geram CH_4 quando os resíduos encontram-se sob condições propícias. Essa geração varia de local para local, em função de fatores como quantidade de resíduos, idade do depósito, presença de ambiente anaeróbico, acidez e condições construtivas e de manejo. Quanto maiores as condições de controle dos aterros e profundidade dos lixões, que melhoram as suas condições sanitárias, maior, no entanto, o potencial de emissão de CH_4 .

De acordo com a metodologia do IPCC (IPCC, 1997) a emissão de CH_4 pode ser estimada a partir da população urbana do país, da taxa de geração de resíduos sólidos, da destinação desses resíduos e da sua composição.

A população urbana no período de 1990 a 1994 foi estimada com base nos censos nacionais de 1980, 1991, 1996 (IBGE, 1997a).

Estudos da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB, 1992), baseados em um grande número de municípios do estado de São Paulo, constataram que a geração diária por habitante de uma cidade varia entre 0,4 e 0,7 kg/hab conforme seu tamanho, com uma taxa diária média estimada em 0,5 kg/hab. Esse valor foi adotado

neste Inventário. Com base na Pesquisa Nacional de Amostras por Domicílio (IBGE, 1997b), estimou-se que 85% do resíduo sólido gerado era coletado.

A disposição e o tratamento de resíduos sólidos distribuíam-se da seguinte forma: 76% eram depositados em lixões a céu aberto, 22% em aterros sanitários e 2% tiveram outra destinação, como as usinas de compostagem e a incineração. De um modo geral, as condições dos locais de disposição de resíduos sólidos, no Brasil, são precárias e não existe um levantamento detalhado dessas condições, ou da composição média dos resíduos. Desta forma, neste Inventário foram adotados os valores *default* do IPCC para fator de correção do metano (0,6), para carbono orgânico degradável (0,12), fração de carbono orgânico degradável que realmente degrada (0,77) e fração de metano no gás de aterro (0,5).

As emissões de CH_4 por disposição de resíduos sólidos foram estimadas em 0,68 Tg em 1994, aumentando 10% em relação às emissões em 1990, como mostra a Tabela 3.6.1.

Tabela 3.6.1 - Emissões de CH_4 na disposição de resíduos sólidos - 1990 a 1994

	1990	1991	1992	1993	1994	Varição 90/94
População urbana (10 ⁶ habitantes)	107,8	111,0	113,3	115,7	118,1	10%
Emissão de CH_4 (Gg)	618	636	650	663	677	10%

3.6.2 Tratamento de Esgotos

Efluentes com um alto grau de conteúdo orgânico, como o esgoto doméstico e os efluentes da indústria de alimentos e bebidas e os da indústria de papel e celulose têm um grande potencial de emissões de CH_4 . Os esgotos domésticos são fontes, também, de emissões de N_2O , em função do conteúdo de nitrogênio na alimentação humana.

3.6.2.1 Esgotos Domésticos e Comerciais

Vários sistemas são utilizados para o tratamento de águas residuárias no Brasil. Apesar disso, uma grande quantidade de esgoto é despejada diretamente nos rios e oceano, sem tratamento. Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 1992b), dos 4.425 municípios do país, 2.091 (47%) possuíam rede para coleta de esgoto e apenas 345 (8%) possuíam algum tipo de tratamento coletivo.

Dentre as várias opções coletivas para o tratamento biológico, as mais utilizadas no Brasil são as lagoas de estabilização e as diversas modificações do processo de lodos ativados, particularmente aquelas que empregam o conceito de aeração prolongada e filtros biológicos.

A emissão de CH_4 é estimada a partir da matéria orgânica presente nos efluentes, expressa em termos de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_5), que representa a quantidade de oxigênio consumida por microorganismos em 5 dias na oxidação bioquímica da matéria orgânica.

Para geração de carga orgânica diária foi adotado o valor de 0,05 kg DBO_5 /hab. Levando-se em conta a avaliação da fração de esgotos tratada e o tipo de tratamento, foi considerado o fator de emissão de 0,02 kg CH_4 /kg DBO_5 .

As emissões de CH_4 devidas ao tratamento de esgotos domésticos e comerciais foram estimadas em 43 Gg em 1994, aumentando 10% em relação ao valor estimado para 1990, como pode ser observado na Tabela 3.6.2.

As emissões de N₂O foram estimadas a partir do consumo de proteína *per capita* em cada estado do Brasil, baseadas em estudo (GALEAZZI *et al.*, 1997), que identifica valores variando de 70,3 a 116,8 g/dia/pessoa, dependendo da região. Foram adotados os fatores *default* do IPCC para conteúdo de nitrogênio e posterior emissão de N₂O. Foram estimadas emissões de 12,3 Gg N₂O em 1994, com crescimento de 6% em relação a 1990.

Tabela 3.6.2 - Emissões por tratamento de esgoto doméstico e comercial - 1990 a 1994

Gás	1990	1991	1992	1993	1994	Variação 90/94
	(Gg)					(%)
CH ₄	39,3	40,5	41,4	42,2	43,1	10
N ₂ O	11,6	11,8	11,9	12,1	12,3	6

3.6.2.2 Esgotos Industriais

Os efluentes da produção industrial de diferentes setores como alimentos, bebidas, química, metalúrgica, têxtil, couro e celulose têm sido tratados tradicionalmente através de lagoas ou pelos processos de lodos ativados e filtros biológicos. Nos últimos anos, no entanto, tem havido uma forte tendência de utilização de reatores anaeróbios devido à baixa necessidade de área dessa tecnologia, além de não consumir energia para aeração.

Para a estimativa das emissões de CH₄, foram utilizados dados da produção industrial e o fator de emissão de carga orgânica para cada um dos subsetores da indústria.

A Tabela 3.6.3 apresenta os valores estimados de carga orgânica gerada pelos setores que mais contribuem para as emissões por esgotos industriais.

Tabela 3.6.3 - Carga orgânica anual por setor da indústria

Setor	1990	1994
	(10 ³ t DBO ₅)	
Alimentos e bebidas	1.022	1.051
Papel e celulose	278	341
Petróleo / petroquímica	231	244
Têxtil	127	96
Curtume	61	65
Química	36	43
Outros	6	8
TOTAL	1.762	1.848

Fonte: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB.

Não tendo sido possível levantar informação sobre a fração de esgoto tratada e os fatores de emissão de metano para cada tipo de indústria, foram adotados os valores *default* do IPCC (IPCC, 1997).

As emissões devidas aos esgotos industriais foram estimadas em 83 Gg CH₄ em 1994, aumentando 5% em relação ao valor estimado para 1990, como mostra a Tabela 3.6.4.

Tabela 3.6.4 - Emissões por tratamento de esgoto industrial - 1990 a 1994

Gás	1990	1991	1992	1993	1994	Variação 90/94
	(Gg)					(%)
CH ₄	79,3	79,3	81,2	81,6	83,2	5



4 INCERTEZA DAS ESTIMATIVAS

Tabela 4.1.1 - Precisão das Estimativas de Emissão e Remoção de CO₂

As estimativas de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa, apresentadas neste Inventário, estão sujeitas a incertezas devidas a diversas causas, desde a imprecisão de dados básicos utilizados até o conhecimento incompleto dos processos que originam as emissões ou remoções de gases de efeito estufa.

O Guia de Boas Práticas na Elaboração de Inventários do IPCC (IPCC, 2000) reconhece que a incerteza das estimativas não pode ser totalmente eliminada e que o objetivo principal deve ser o de produzir estimativas que não sejam nem subestimadas nem sobreestimadas (estimativas acuradas), buscando, ao mesmo tempo e na medida do possível, aumentar a precisão das estimativas.

Seguindo essas recomendações, na geração das estimativas apresentadas neste Inventário, buscou-se assegurar que elas fossem não tendenciosas (sem viés). Para algumas atividades esse objetivo não pode ser totalmente alcançado, seja pela impossibilidade de estimar valores para alguns subsetores, seja pela inadequação de parâmetros *default* utilizados na ausência de valores apropriados às condições nacionais. Esses casos foram assinalados nos itens anteriores.

A precisão das estimativas variou dependendo das características de cada setor, dos dados disponíveis e dos recursos que puderam ser investidos na determinação de fatores de emissão mais adequados às circunstâncias brasileiras. Nesse sentido, ênfase foi dada aos setores mais relevantes em termos de emissões de gases de efeito estufa.

Neste Inventário, não foi possível fazer uma análise detalhada da incerteza das estimativas, uma vez que isso exigiria um esforço considerável de análise da acurácia e precisão das informações básicas utilizadas. Mesmo assim, uma avaliação geral da precisão do Inventário foi realizada com base no julgamento/conhecimento de especialistas nas áreas específicas. O objetivo foi apenas o de identificar os setores do Inventário onde maiores recursos deverão ser utilizados no futuro.

A precisão associada aos dados de atividade e aos fatores de emissão, assim como das estimativas de emissão ou remoção, são expressos na forma $\pm x \%$, significando os limites de um intervalo de confiança de 95% para o valor apresentado.

4.1 Incerteza das Estimativas de Emissões e Remoções de CO₂

A Tabela 4.1.1 apresenta os resultados da análise de incerteza para as estimativas de emissão e remoção de CO₂.

Setor	Incerteza
	(%)
Energia	5
Queima de Combustíveis Fósseis	5
Emissões Fugitivas	60
Mineração de Carvão	50
Extração e Transporte de Petróleo e Gás Natural	80
Processos Industriais	7
Produção de Cimento	10
Produção de Cal	20
Produção de Amônia	10
Produção de Alumínio	5
Outras Indústrias	10
Mudança no Uso da Terra e Florestas	39
Mudança em Estoques de Florestas e Biomassa	30
Conversão de Florestas para Outros Usos	30
Abandono de Terras Cultivadas	40
Emissões e Remoções pelos Solos	50
TOTAL	29

4.2 Incerteza das Estimativas de Emissões de CH₄

A Tabela 4.2.1 apresenta os resultados da análise de incerteza para as estimativas de emissão de CH₄.

Tabela 4.2.1 - Precisão das Estimativas de Emissão de CH₄

Setor	Incerteza
	(%)
Energia	28
Queima de Combustíveis	30
Emissões Fugitivas	64
Mineração de Carvão	80
Extração e Transporte de Petróleo e Gás Natural	100
Processos Industriais (Indústria Química)	10
Agropecuária	46
Fermentação Entérica	50
Manejo de Dejetos de Animais	60
Cultura de Arroz	50
Queima de Resíduos Agrícolas	50
Tratamento de Resíduos	51
Lixo	60
Esgoto	49
Industrial	70
Doméstico	50
TOTAL	41

4.3 Incerteza das Estimativas de Emissões de N₂O

A Tabela 4.3.1 apresenta os resultados da análise de incerteza para as estimativas de emissão de N₂O.

Tabela 4.3.1 - Precisão das Estimativas de Emissão de N₂O

Setor	Incerteza
	(%)
Energia (Queima de Combustíveis)	50
Processos Industriais (Indústria Química)	10
Agropecuária	57
Manejo de Dejetos de Animais	60
Solos Agrícolas	60
Animais em Pastagem	100
Outras Fontes Diretas	100
Emissões Indiretas	100
Queima de Resíduos Agrícolas	50
Tratamento de Resíduos (Tratamento de Esgoto Doméstico)	50
TOTAL	53



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIQUIM - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INDÚSTRIA QUÍMICA, 1995. *Anuário da Indústria Química Brasileira* São Paulo.
- _____, 1997. *Anuário da Indústria Química Brasileira* São Paulo.
- ABRACAVE. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FLORESTAS RENOVÁVEIS, 1996. *Anuário Estatístico*. Belo Horizonte.
- ABRAFE ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE FERROLIGAS E DE SILÍCIO METÁLICO, 1996. *Anuário Estatístico*.
- ALVES, D.S.; SOARES, J.V.; AMARAL, S.; MELLO, E.M.K.; ALMEIDA, S.A.S.; SILVA, O.F.; SILVEIRA, A.M., 1997. Biomass of primary and secondary vegetation in Rondônia, Western Brazilian Amazon, *Global Change Biology*, 3: p. 451-461.
- ANFAVEA.- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES, 1997. *Anuário Estatístico*. São Paulo.
- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica, 2000. Banco de Dados Hidrelétricos. Brasília: MCT.
- ANFPC - ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE PAPEL E CELULOSE, 1994. *Relatório Anual*, São Paulo.
- BERNOUX, M.; ARROUAYS, D.; VOLKOFF, B. et al., 1998. Bulk densities of Brazilian Amazon soils related to other soil properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 62:743-749.
- BERNOUX, M.; CARVALHO, M.C.S.; VOLKOFF, B. et al., 2001 *Brazil's soil carbon stocks*. Submetido à Soil Science Society of America Journal.
- BROWN, S. e LUGO, A. E., 1990. *Effects of forest clearing and succession on the carbon and nitrogen contents of soil in Porto Rico and U.S. Virgin Islands*. *Plant and Soil*, v. 124, p. 53-64.
- CARVALHO Jr., J. A.; COSTA, F. S.; VERAS, C. A. G.; SANDBERG, D. V.; ALVARADO, E. C.; GIELOW, R.; SERRA Jr., A. M.; SANTOS, J. C., 2001. *Biomass fire consumption and carbon release rates of rainforest-clearing experiments conducted in Northern Mato Grosso, Brazil*.
- CARVALHO Jr., J.A.; SANTOS, J.M.; SANTOS, J.C.; LEITÃO, M.M.; HIGUCHI, N., 1995 A tropical rainforest clearing experiment by biomass burn in the Manaus region. *Atmospheric Environment*, 29(17): p. 2301-2309.
- CERRI, C.C.; VOLKOFF, B.; ANDRAUX, F., 1991. *Nature and behavior of organic matter in soils under natural forest, and after deforestation, burning and cultivation, near Manaus*. *Forest Ecology and Management*, v.38, p.247-257.
- CERRI, C.C.; BERNOUX, M.; CARVALHO, M.C.S.; VOLKOFF, B., 2002. *Emissões e Remoções de Dióxido de Carbono pelos Solos e por Mudanças de Uso da Terra e Calagem*. Relatório de Referência, Ministério da Ciência e Tecnologia.
- CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA EM SANEAMENTO AMBIENTAL, 1992. *Programa de gerenciamento de resíduos sólidos domiciliares e de serviços de saúde*. Pró-Lixo. São Paulo.
- _____, 1994. *Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo*. São Paulo: Departamento de Tecnologia de Emissões de Veículos.
- CORINAIR - CORE INVENTORY AIR EMISSIONS, 1996. *Atmospheric Emission Inventory Guidebook - Solvent and Other Product Use*. Primeira Edição, EMEP - Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long Range Transmission of Air Pollutants in Europe.
- DAY, P. R., 1965. *Particle fractionation and particle-size analysis*. In: BLACK, C.A. et al. (Eds.). *Methods of soil analysis*. Part. 1. Agron. Monogr. 9, ASA, Madison, p. 545-567.
- DELITTI, W. B. C. e BURGER, D. M., 1997. Biomassa de florestas atlânticas. In: FUNCATE. *Primeiro relatório de atividades referente ao contrato PNUD/FUNCATE - Projeto BRA/95/G31*. Anexo II, p. 82-94.
- DELITTI, W. B. C.; MEGURO, M., 1997. Biomassa da vegetação lenhosa do cerrado. In: FUNCATE. *Primeiro relatório de atividades referente ao contrato PNUD/FUNCATE - Projeto BRA/95/G31*. Anexo II, p. 95-103.
- DETWILLER, R. P., 1986. *Land use change and the global carbon cycle: The role of tropical soils*. *Biogeochemistry* 2: p. 67-93.
- DNPM - DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL, 1995. *Sumário Mineral*. Brasília: MME.
- _____, 1997. *Sumário Mineral*. Brasília: MME.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA e SNLCS - SERVIÇO NACIONAL DE LEVANTAMENTO E CONSERVAÇÃO DOS SOLOS, 1978-1980. *Boletim Técnico nº 45, 53, 57, 62, 65-67, 72*. Rio de Janeiro.
- FARIA, J. A., 1997. *Levantamento de dados para avaliação das emissões de gases de efeito estufa devido às mudanças nos estoques de florestas*. Belo Horizonte: ABRACAVE.
- FEARNSIDE, P. M., 1994. Biomassa das Florestas Amazônicas Brasileiras. In: *Anais do Seminário Emissão x Sequestro de Carbono: Uma Nova Oportunidade para o Brasil*. Companhia do Vale do Rio Doce, Rio de Janeiro, p. 95-124.
- FEARNSIDE, P. M. e BARBOSA, R. I., 1998. *Soil carbon changes from conversion of forest to pasture in Brazilian Amazonia*. *Forest Ecology and Management*, v. 108, p. 147-166.
- FUNCATE FUNDAÇÃO DE CIÊNCIA, APLICAÇÕES E TECNOLOGIAS ESPACIAIS, 2004. *Emissões e Remoções de Dióxido de Carbono por Conversão de Florestas e Abandono de Terras Cultivadas*. Relatório de Referência. Brasília: MCT.
- GALEAZZI, M. A. M.; DOMENE, S. M. A.; SICHIERI, R., (Orgs.), 1997. *Estudo multicêntrico sobre consumo alimentar*. Cadernos de Debate: Revista do Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação. Campinas: NEPA, UNICAMP, v. especial, p. 1-62.
- GRUMAN, J. e LITEWSKI, R. M., 2002. *Uso de Solventes e Outros Produtos* In Relatório de Referência *Emissões de Gases de Efeito Estufa nos Processos Industriais e por Uso de Solventes*. Brasília, MCT.
- HIGUCHI, N., 2004. Above and belowground biomass allometry in the Brazilian Amazon. In: *Regional Amazon Forest Structure and Carbon Cycling Workshop*. New Orleans.
- HIGUCHI, N.; SANTOS, J.; RIBEIRO, R. J.; MINETTE, L.; BIOT, Y., 1998. Biomassa da parte aérea da vegetação da floresta tropical úmida de terra firme da Amazônia brasileira. *Acta Amazonica*, 28(2): p. 153-166.
- HOUGHTON, R. A.; SKOLE, D. L.; NOBRE, C. A.; HACKLER, J. L.; LAWRENCE, K. T.; CHOMENTOWSKI, W. H., 2000. Annual fluxes of carbon from deforestation and regrowth in the Brazilian Amazon. *Nature*, 403: p. 301-304.
- IBGE - FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 1990. *Pesquisa da Pecuária Municipal*. Rio de Janeiro.
- _____, 1991. *Pesquisa da Pecuária Municipal*. Rio de Janeiro.
- _____, 1992a. *Pesquisa da Pecuária Municipal*. Rio de Janeiro.
- _____, 1992b. *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - PNSB 1989*. Rio de Janeiro.
- _____, 1993. *Pesquisa da Pecuária Municipal*. Rio de Janeiro.
- _____, 1994. *Pesquisa da Pecuária Municipal*. Rio

- de Janeiro.
- _____, 1996. *Censo Nacional*. Rio de Janeiro.
- _____, 1997a. *Brasil em Números*. Rio de Janeiro.
- _____, 1997b. *Pesquisa Nacional de Amostragem por Domicílio - PNAD*, 1993. Rio de Janeiro.
- IPCC/OECD/IEA - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT e INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 1997. *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Bracknell.
- _____, 2000. *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories*.
- IPCC/UNEP/OECD/IEA - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAMME, ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT e INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 1995. *Guidelines for the National Greenhouse Gas Inventories*. Bracknell.
- KRUG, T.; DOS SANTOS, J. R.; MEIRA FILHO, L. G., 2001. *Logging activities in the Brazilian Amazonia: a Multi-Temporal Analysis using Orbital Data*. Disponível a pedidos em thelma@dir.iaii.int. Trabalho apresentado na Conferência LBA I, Belém.
- _____, 2002. *Estimates of Area Affected by Selective Logging Using Satellite Data*. Comunicação pessoal.
- MACEDO, J., 1995. *Perspectives for the rational use for the Brazilian cerrados for food production*. Planaltina, DF: EMBRAPA/CPAC, 19 p.
- MEIRA FILHO, L.G., 2000. *Estimate of Above-Ground Carbon Stock in the Brazilian Amazon Forest*. Comunicação pessoal.
- MIRANDA, H. S.; ROCHA E SILVA, E. P.; MIRANDA, A. C., 1996. Comportamento do fogo em queimadas de campo sujo. In: MIRANDA, H. S.; SAITO, C. H.; DIAS, B. F. S. (Orgs.). *Impactos de Queimadas em Áreas de Cerrado e Restinga*. Brasília: ECL, UnB, p.1-10.
- MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. 1993. *Balanco de Energia Útil*. FDTE. Brasília.
- _____, 1998. *Balanco Energético Nacional 1998 Ano Base 1997*, Brasília.
- MORAES, J. L.; CERRI, C. C.; MELILLO, J. M. *et al.*, 1995. *Soil carbon stocks of the Brazilian Amazon basin*. Soil Sci. Soc. Am. J., 59: p. 244-247.
- NEILL, C.; MELILO, J.; STEUDLER, P. A.; CERRI, C. C.; MORAES, J. F. L; PICCOLO, M. C.; BRITO, M., 1997. *Soil carbon and nitrogen stocks following forest clearing for pasture in the southwestern Brazilian Amazon*. Ecological Applications, v. 7, n. 4, p.1216-1225.
- NEPSTAD, D. C.; UHL, C.; SERRÃO, A. E. S., 1991. *Recuperation of a degraded Amazonian landscape: forest recovery and agricultural restoration*. Ambio, v.20, p.248-255.
- PROJETO RADAMBRASIL, 1973-1983. *Levantamento de recursos naturais*. v. 1 a 31.
- RODRIGUES, R. L. V. e SCHAEFFER, R., 2004. *Reducing the Uncertainties from the Estimates of Non-CO₂ Gas Emissions from Forest Burning in the Brazilian Amazon Region*. Submetido para publicação.
- SAMPAIO, E. V. S. B., 1997 Avaliação das biomassas vegetais da caatinga do Nordeste do Brasil. In: FUNCATE. *Primeiro relatório de atividades referente ao contrato PNUD/FUNCATE - Projeto BRA/95/G31*. Anexo II, p. 104-136.
- SCHLESINGER, W. H., 1986. Changes in soil carbon storage and associated properties with disturbance and recovery. In: TRABALKA, J.R. e REICHLER (Eds). *The changing carbon cycle: a global analysis*. New York: Spring-Verlag, p.194-220.
- SILVA, L. F. F., 1999 *Biomassa de Manguezal da Floresta de Itacuruçá, Baía de Sepetiba*. Comunicação pessoal.
- Rio de Janeiro, março.
- SPAIN, J. M.; AYARZA, M. A; VILELA, L., 1996. Crop pasture rotations in the Brazilian cerrados. - In: PEREIRA, R. C. e NASSER, C. B. (Eds.). *International Symposium on tropical savannas*. Planaltina, DF: EMBRAPA/CPAC, p. 39-45.
- UHL, C.; VERÍSSIMO, A.; MATTOS, M. M.; BRANDINO, Z.; VIEIRA, I. C. G., 1991. *Social, economic, and ecological consequences of selective logging in an Amazon frontier: the case of Tailândia*. Forest Ecology and Management, 46, p. 243-273.
- VEIGA, J. B. e SERRÃO, E. E., 1987. *Recuperación de pasturas en la región este de la Amazônia Brasileira*. - *Pasturas Tropicales*, v.9, p.40-43.
- WALKLEY, A. e BLACK, J. A., 1934 *An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic titration method*. Soil Sci., 37: p. 29-38.

Providências Previstas ou Tomadas para a Implementação da Convenção

Comunicação Inicial do Brasil

Parte III



*“O sertão vai virar mar,
Dá no coração
Um medo de que algum dia o mar
Também vire sertão”*



1 - Programas e Ações Relacionados ao Desenvolvimento Sustentável	171
1.1 - Programa Nacional do Álcool	171
1.1.1 - Histórico do Álcool como combustível	171
1.1.2 - Evolução do Programa Nacional do Álcool	171
1.1.3 - Aspectos Econômicos do Proalcool	174
1.1.4 - As externalidades do Proalcool	175
1.2 - Programas de Conservação de Energia	177
1.2.1 - Conservação de Energia no Brasil	177
1.2.2 - Programas Governamentais de Conservação de Energia	177
1.3 - Contribuição da Geração Hidrelétrica para a Redução das Emissões de Gases de Efeito Estufa	182
1.3.1 - Evolução da Geração de Energia Elétrica	182
1.3.2 - Balanço Energético Nacional 1970-2000	183
1.3.3 - Impacto em termos de emissões de gases de efeito estufa de evoluções hipotéticas alternativas das fontes de oferta de eletricidade entre 1960 e 2000	183
1.4 - Situação e Perspectivas das Novas Fontes Renováveis de Energia no Brasil	184
1.4.1 - Histórico recente das fontes de energia renováveis	184
1.4.2 - Arcabouço legal e regulatório	184
1.4.3 - Uso Moderno da Biomassa e Co-Geração	186
1.4.4 - Outras Novas Fontes de Energia Renováveis	189
1.5 - Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios - PRODEEM	192
1.6 - Programa de Transporte Coletivo Movido a Hidrogênio	193
1.7 - Reciclagem	193
1.8 - Indústria a Carvão Vegetal	194
2 - Programas e Ações que Contêm Medidas que Contribuem para Mitigar a Mudança do Clima e seus Efeitos Adversos	199
2.1 - O Setor Elétrico Brasileiro	199
2.2 - Perspectivas do Gás Natural no Brasil e seu Papel na Redução das Emissões de Gases de Efeito Estufa	200
2.2.1 - A Trajetória e a Participação do Gás Natural na Matriz Energética Brasileira	200
2.2.2 - Perspectivas de Utilização do Gás Natural	201
2.2.3 - Emissões de Gases de Efeito Estufa Provenientes de Termelétricas a Gás Natural em comparação com Termelétricas a Óleo Combustível	202
2.3 - Programas da Petrobras para Melhorar o Aproveitamento do Gás Natural na Bacia de Campos	203
2.4 - Programas no Estado de São Paulo para Redução das Emissões Veiculares no Transporte Urbano	203
2.5 - O Papel da Energia Nuclear na Redução das Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil	203

3 - Pesquisa e Observação Sistemática	207
3.1 - Programas Mundiais do Clima	207
3.2 - Programa Pirata	208
3.3 - Experimento de Grande Escala da Biosfera - Atmosfera na Amazônia (<i>Large Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazonia - LBA</i>)	208
3.4 - Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil - PPG7	209
3.5 - Modelos Regionais de Clima: Previsões de Prazo Estendido sobre a América do Sul Utilizando o Modelo Regional Eta	210
3.6 - Pesquisa em Glaciologia no Âmbito do Programa Antártico	210
3.7 - Modelo Simplificado de Mudança do Clima	211
4 - Educação, treinamento e Conscientização Pública	215
4.1 - Educação Ambiental	215
4.2 - Programas de Educação em Conservação de Energia Elétrica e Uso Racional de Derivados de Petróleo e Gás Natural	216
4.2.1 - O PROCEL nas Escolas	216
4.2.2 - O CONPET na Escola	216
4.3 - Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas	217
4.4 - Aumentando a Conscientização no Brasil sobre as Questões Relativas à Mudança do Clima	217
4.4.1 - <i>Homepage</i> Brasileira na Internet sobre Mudança do Clima	217
4.4.2 - Versão em Português de Documentos Oficiais da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima e do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima	217
4.4.3 - Pesquisa de Conscientização sobre Mudança do Clima	218
4.4.4 - Outras Atividades	219
5 - Efeitos da Mudança Global do Clima nos Ecossistemas Marinhos e Terrestres	223
5.1 - Região Semi-árida	223
5.1.1 - Redução dos impactos negativos de eventos extremos	223
5.1.2 - Produção de Sal	223
5.2 - Zona Costeira	223
5.2.1 - Efeitos do aumento do Nível do Mar	223
5.3 - Branqueamento de Corais	224
5.4 - Enchentes	225
5.4.1 - A cidade do Rio de Janeiro	225
5.4.2 - Enchentes no Pantanal	225
5.5 - Geadas	226
5.5.1 - Plantações de Café	226
5.5.2 - Plantações de Laranja	226



5.6 - Saúde	226
5.7 - Setor Elétrico	227
5.8 - Agricultura	227
5.9 - Prontidão para Desastres	228
5.10 - Modelagem Regional de Mudança Global do Clima	228
6 - Formação de Capacidade Nacional e Regional	233
6.1 - Instituto Interamericano para Pesquisas em Mudanças Globais - IAI	233
6.2 - Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima - IPCC	233
6.3 - Centro de Previsão de Tempo e Estudos do Clima - CPTEC / INPE	234
7 - Integração das Questões sobre Mudança do Clima no Planejamento de Médio e de Longo Prazos	237
7.1 - Legislação Ambiental Brasileira	237
7.2 - Agenda 21 Brasileira	238
7.3 - Programa de Pesquisa Brasileiro sobre Mudança do Clima - MCT	239
7.4 - Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar - PRONAR	239
7.5 - Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE	240
7.6 - Medidas contra o Desflorestamento na Região Amazônica	243
7.6.1 - Principais Causas do Desflorestamento	243
7.6.2 - Medidas contra o Desflorestamento	246
7.6.3 - Estratégia de Ação Política	248
7.7 - Projeto de Estimativa do Desflorestamento Bruto da Amazônia Brasileira - PRODES	250
7.7.1 - Dados Levantados pelo PRODES	250
7.8 - O Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC	252
7.9 - Prevenção de Incêndios e Queimadas	257
7.9.1 - Sistema Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais - PREVFOGO	257
7.9.2 - Programa de Prevenção e Controle de Queimadas e Incêndios Florestais no Arco do Desflorestamento - PROARCO	257
7.9.3 - Proibição da Queima na Colheita de Cana-de-açúcar	258
7.10 - Cidades pela Proteção do Clima	258
7.11 - Medidas de Caráter Financeiro e Tributário	259
7.11.1 - Uma Avaliação dos Incentivos Fiscais para o Florestamento/Reflorestamento - Fiset - F/R	259
7.11.2 - Protocolo Verde	259
7.11.3 - Responsabilidade ambiental dos bancos	260
7.11.4 - O ICMS Ecológico e aplicação dos princípios protetor-recebedor e não-poluidor-recebedor na gestão ambiental	260



Sumário

Parte III

7.11.5 - Redução de emissões decorrente do incentivo fiscal para veículos com motores 1.000 cilindradas no Brasil	261
7.11.6 - Crédito Rural: Restrições ao Infrator Ambiental	261
Referências Bibliográficas	263
Bibliografia Adicional	265
Sites Consultados	273



Programas e Ações Relacionadas ao Desenvolvimento Sustentável





1 PROGRAMAS E AÇÕES RELACIONADOS AO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Alguns dos programas e ações de desenvolvimento sustentável estão relacionados ao uso de energias renováveis e à conservação e/ou eficiência energética. Esses programas contribuem para que o Brasil tenha uma matriz energética "limpa", com pequenas emissões de gases de efeito estufa no setor energético, para a estabilização das concentrações desses gases na atmosfera e para o desenvolvimento sustentável a longo prazo.

Dentre os programas relacionados com o desenvolvimento sustentável, destaca-se o Programa Nacional do Álcool - Proalcool, desenvolvido para diminuir a dependência externa do petróleo. De 1975 a 2000, foram produzidos cerca de 5,6 milhões de veículos a álcool hidratado. Além disso, o Proalcool permitiu a substituição, em até 25%¹, a gasolina consumida por álcool anidro. Essa medida atingiu, nesse período, uma frota que chegou a ser superior a 10 milhões de veículos, e dessa forma impediu que fossem liberadas para a atmosfera cerca de 400 milhões de toneladas de CO₂, evitou a importação de aproximadamente 550 milhões de barris de petróleo e gerou uma economia de divisas da ordem de 11,5 bilhões de dólares².

Outros programas importantes visam combater o desperdício de energia e, de forma indireta, contribuem para prevenir emissões de gases de efeito estufa. Dentre esses programas, destacam-se o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - PROCEL, criado em 1985; e o Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados de Petróleo e do Gás Natural - CONPET, criado em 1991. Esses programas têm por objetivo a redução de perdas e a eliminação de desperdícios na produção e no uso de energia, além da adoção de tecnologias de maior eficiência energética. Contribuem, ainda, para adiar investimentos em novas centrais elétricas ou refinarias de petróleo.

Em 2000, o Brasil produziu 322 TWh em centrais elétricas de serviço público, sendo mais de 90% de origem hidráulica. Por isso, o setor elétrico brasileiro assume características especiais, não só como um dos maiores produtores mundiais de energia hidrelétrica, como também pela alta participação da hidreletricidade na geração de energia elétrica.

Assim, a emissão de CO₂ proveniente do setor elétrico do Brasil está entre as mais baixas do mundo em relação à população e ao PIB. No entanto, as emissões vêm crescendo nos últimos anos, tendência esta que pode ser modificada ou até mesmo revertida com os programas e ações relacionados ao desenvolvimento sustentável (novas fontes de energia renováveis e uso de carvão vegetal), abordados nesta seção.

1.1 Programa Nacional do Álcool

1.1.1 Histórico do Álcool como Combustível

Mesmo após séculos de convívio com a agroindústria canieira, somente no século XX o Brasil descobre no álcool uma opção energética atraente. Entre 1905 e o final da década de 1960, sucederam-se diversas tentativas por parte da agroindústria sucroalcooleira para promover o álcool como combustível. No entanto, apenas em meados da década de 1970, com a queda do preço externo do açúcar e o aumento do preço do petróleo, criaram-se bases para uma intensificação do uso do álcool combustível.

Os choques do petróleo ocorridos na década de 1970, em especial o de 1979, tiveram grande impacto sobre a economia do Brasil. Para minimizar o desequilíbrio na

balança comercial brasileira, causado pela brusca elevação dos preços do petróleo, o Governo Federal decidiu implementar uma política energética cujo objetivo era reduzir o dispêndio líquido de divisas. Uma das principais medidas dessa política foi incentivar fontes alternativas ao petróleo importado e o uso eficiente da energia, destacando-se os seguintes programas:

- Programa de Produção Antecipada de Petróleo;
- Programa de Eletrotermia;
- Programa de Uso Eficiente da Energia - Conserve; e
- Programa Nacional do Álcool - Proalcool.

No que diz respeito especificamente ao álcool combustível no Brasil, uma das medidas mais significativas foi a introdução do uso exclusivo do etanol como carburante. O consumo final energético do etanol variou de 580 milhões em 1975 a 10,6 bilhões de litros em 2000, tendo a produção atingido um volume máximo de 15,5 bilhões de litros em 1997.

Em 2000, o etanol, como combustível, era usado de duas maneiras no país: adicionado à gasolina pura, em teores da ordem de 22%³ de álcool anidro formando a mistura gasool⁴; e como álcool puro, na forma de álcool hidratado, utilizado em veículos com motores desenvolvidos para o uso exclusivo de álcool hidratado como combustível.

O etanol mostra-se um bom combustível automotivo, apresentando um nível de octanagem superior ao da gasolina. Ademais, não contém enxofre, o que evita a emissão de compostos de enxofre e a contaminação dos conversores catalíticos, e tem uma pressão de vapor inferior à da gasolina, o que resulta em menores emissões evaporativas.

1.1.2 Evolução do Programa Nacional do Álcool

O Proalcool foi criado em 14 de novembro de 1975 pelo Decreto nº 76.593, com o objetivo de estimular a produção do etanol, visando o atendimento das necessidades dos mercados interno e externo e da política de combustíveis automotivos. De acordo com o decreto, a produção do etanol oriundo da cana-de-açúcar, da mandioca ou de qualquer outro insumo deveria ser incentivada por meio da expansão da oferta de matérias-primas.

A cana-de-açúcar tem o mais alto retorno para os agricultores por hectare plantado. O custo de produção do açúcar no país é um dos mais baixos do mundo, o que permite aos produtores brasileiros competir em condições altamente favoráveis no mercado internacional. Entretanto, tal mercado é volátil e apresenta grandes oscilações de preços. A produção mundial de açúcar em 2000 foi de 131 milhões de toneladas, sendo a participação brasileira de 13% (Base de Dados Estatísticos da FAO).

¹ De acordo com os dados do Balanço Energético Nacional (MME, 2000), o teor de álcool anidro na mistura (gasolina/álcool anidro) variou no período entre um mínimo de 1,1% (em 1975) e um máximo de 25% (em 1999).

² Foi considerada a substituição de 1 litro de gasolina por 1 litro de álcool anidro ou por 1,25 litro de álcool hidratado; 5% de energia consumida no refino; preço médio do petróleo Brent (British Petroleum - BP); e percentual de importação de combustíveis. Foi considerado, ainda, o fator de emissão de 0,63 kg C por litro de gasolina (IPCC, 1997).

³ Vide notas de rodapé 1 e 6.

⁴ No Brasil, denomina-se usualmente como gasolina a mistura de gasolina pura e álcool anidro, conhecida internacionalmente como "gasool".

As etapas na produção do açúcar e do álcool diferem apenas a partir do uso do caldo tratado e cozido, que poderá ser fermentado para a produção de álcool ou destinado à cristalização do açúcar.

A decisão de produção de etanol a partir de cana-de-açúcar, além dos aspectos apontados, leva ainda em consideração as políticas governamentais. Tal decisão foi tomada em 1975, quando o Governo Federal decidiu encorajar a produção do álcool em substituição à gasolina pura, com o objetivo de reduzir as importações de petróleo, até então com um grande peso na balança comercial externa. Naquele momento, o preço do açúcar no mercado internacional não remunerava adequadamente as exportações brasileiras, o que contribuiu para a implementação do programa do combustível alternativo.

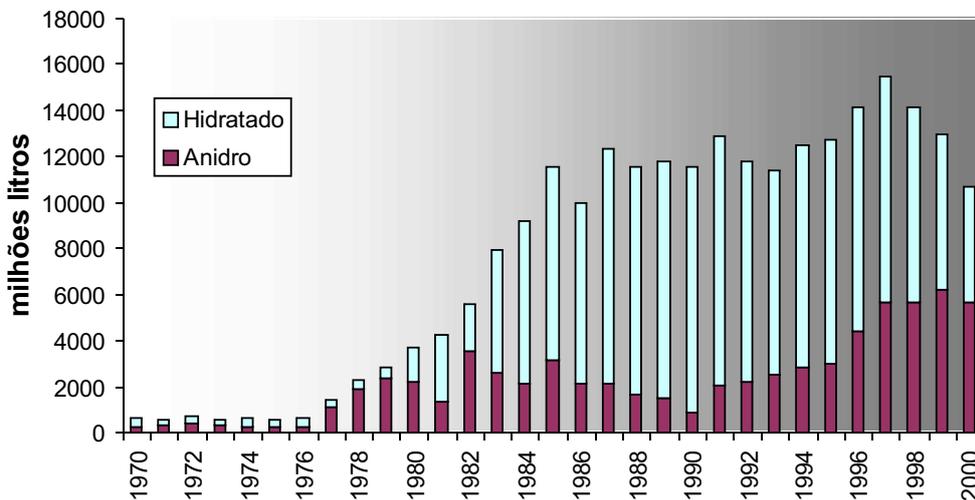
Num breve resumo do Proalcool, destacam-se quatro fases distintas:

Fase Inicial (1975 a 1979)

O esforço foi dirigido sobretudo para a produção de álcool anidro para a mistura à gasolina. Nessa fase, o esforço principal coube às destilarias anexas. A produção alcooleira anual cresceu de 600 milhões de litros (1975-1976) para 3,4 bilhões de litros (1979-1980) (Figura 1.1). Os primeiros carros movidos exclusivamente a etanol surgiram em 1978.

Na fase de implementação do Proalcool foi estabelecido um mecanismo de fixação de preços que buscava tornar economicamente indiferente para os produtores, a produção de açúcar ou de álcool anidro. O Instituto do Açúcar e do Álcool era responsável pela fixação dos preços de ambos os produtos. Assim, foi estabelecida uma relação de paridade de preços entre o etanol e o açúcar para o produtor e incentivos de financiamento para as fases agrícola e industrial de produção do combustível. Com o advento do veículo a álcool hidratado, a partir de 1979, foram adotadas políticas de preços relativos entre o álcool hidratado combustível e a gasolina, nos postos de revenda, de forma a estimular o uso do combustível nacional e renovável.

Figura 1.1 - Evolução da Produção de Etanol - 1970 a 2000

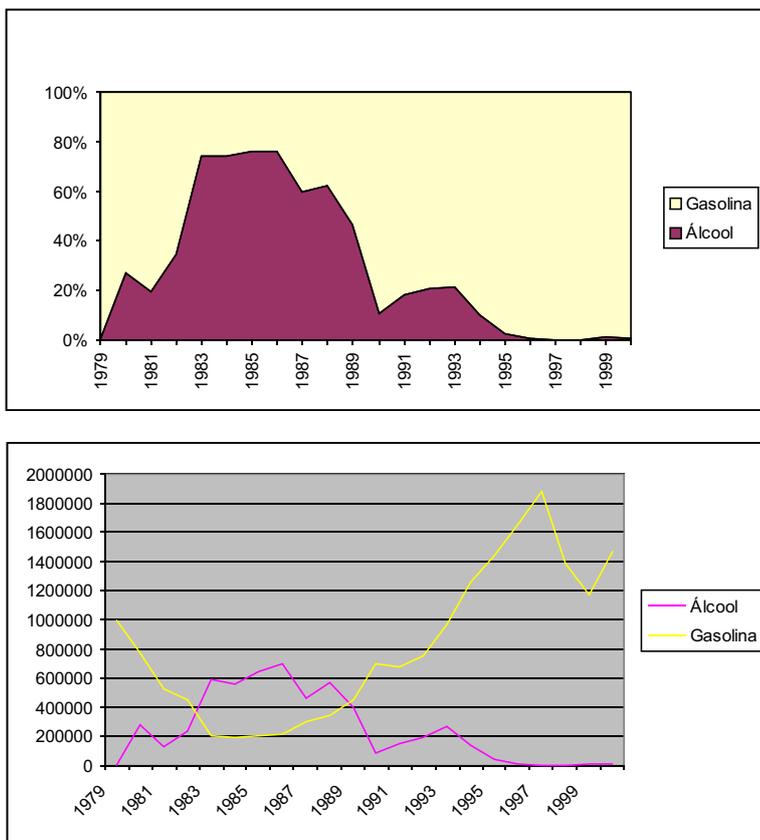


Fonte: Balanço Energético Nacional - BEN, 1986/1990/2001.

Fase de Afirmação (1980 a 1986)

O segundo choque do petróleo (1979-1980) triplicou o preço do barril e as compras desse produto passaram a representar 46% da pauta de importações brasileiras em 1980. O Governo, então, resolveu adotar medidas para a plena implementação do Proalcool. Foram criados organismos como o Conselho Nacional do Álcool - CNAL e a Comissão Executiva Nacional do Álcool - CENAL para agilizar o programa. A produção alcooleira atingiu um pico de 12,3 bilhões de litros em 1986 e 1987 (Figura 1.1), superando em 15% a meta anual inicial do governo de 10,7 bilhões de litros para o final desta fase. A proporção de carros a etanol no total de automóveis de ciclo Otto (passageiros e de uso misto) produzidos no país passou de 0,46% em 1979 para 26,8% em 1980, atingindo um teto de 76,1% em 1986 (Figura 1.2).

Figura 1.2 - Produção de veículos leves



Fonte: Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores, 2001.

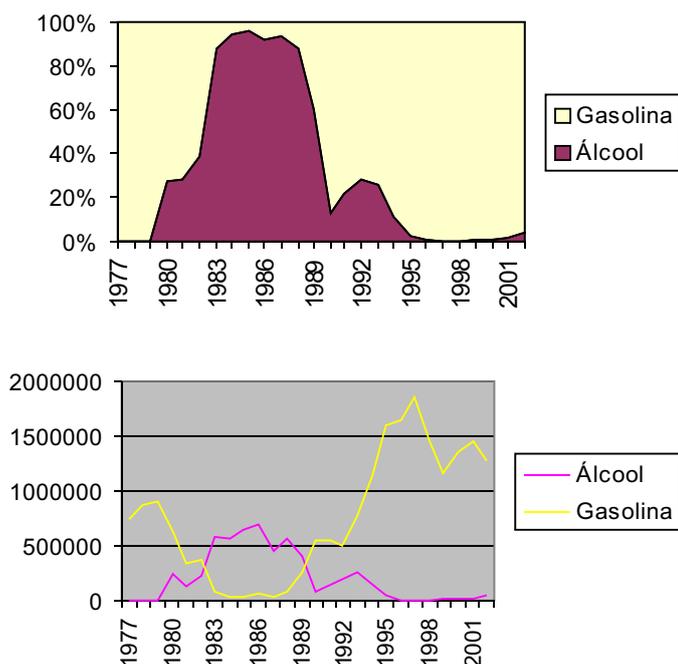
Fase de Estagnação (1986 a 1995)

A partir de 1986, o cenário internacional do mercado petrolífero é alterado. Os preços do barril de óleo bruto caíram de um patamar de US\$ 30 a 40 para um de US\$ 12 a 20. Esse novo período, denominado "contra-choque do petróleo", colocou em xeque os programas de substituição de hidrocarbonetos fósseis e de uso eficiente da energia em todo o mundo. Na política energética brasileira, seus efeitos foram sentidos a partir de 1988, coincidindo com um período de escassez de recursos públicos para apoiar os programas energéticos alternativos, resultando num sensível decréscimo no volume de investimentos nos projetos de produção interna de energia.

A oferta de etanol não pôde acompanhar o crescimento descompassado da demanda. Em 1985, as vendas de carro a etanol atingiram níveis superiores a 95% das vendas totais de veículos de ciclo Otto para o mercado interno. A partir de então, os baixos preços do etanol fixados pelo Governo, devido à queda dos preços internacionais do petróleo, impediram a elevação da produção interna do produto. Contudo, para os consumidores continuou sendo atrativo o preço do etanol em relação ao da gasolina e a manutenção de menores impostos nos veículos a etanol se comparados aos a gasolina. Essa combinação de desestímulo à produção de etanol e de estímulo à sua demanda gerou a crise de abastecimento da entressafra 1989-1990. Vale ressaltar que, no período anterior à crise de abastecimento, houve desestímulo tanto à produção de álcool quanto à produção e à exportação de açúcar, que naquela época também tinham seus preços fixados pelo Governo. A produção anual de etanol manteve-se em níveis praticamente constantes, no período de 1985 a 1990, em torno de 12 bilhões de litros.

Apesar de seu caráter efêmero, a crise de abastecimento de etanol no fim dos anos 1980 afetou a credibilidade do Proalcool, que, juntamente com a redução de estímulos ao seu uso, provocou, nos anos seguintes, um significativo decréscimo da demanda e, conseqüentemente, das vendas de automóveis movidos por esse combustível (Figura 1.3).

Figura 1.3 - Vendas de Veículos Leves



Fonte: Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores, 2001.

Devem-se destacar, ainda, outros motivos que também contribuíram para a redução da produção dos veículos a etanol. No final da década de 1980 e início da década de 1990, o preço internacional do barril de petróleo diminuiu sensivelmente. A essa realidade, que se manteve nos dez anos seguintes, somou-se a tendência de a indústria automobilística fabricar modelos e motores padronizados mundialmente, na versão a gasolina. No início da década de 1990, houve também a liberação das importações de veículos automotivos (gasolina e diesel) e a introdução da política de incentivos para veículos de até 1000 cilindradas (carro popular) que, até 1992, só contemplou veículos a gasolina.

A crise do abastecimento de etanol obrigou o país a realizar importações pontuais de etanol e metanol⁵ para garantir o abastecimento do mercado ao longo da década de 1990.

Fase de Redefinição (a partir de 1996)

Os mercados de álcool combustível, tanto anidro quanto hidratado, encontram-se liberados em todas as suas fases produção, distribuição e revenda sendo os seus preços determinados pelas condições de oferta e demanda. Atualmente, o que se questiona é como o Brasil, sem a presença da gestão governamental no setor, encontrará mecanismos modernos de mercado que garantam o abastecimento dos diversos segmentos, sem ferir as normas do comércio internacional. Com o intuito de direcionar políticas para o setor sucroalcooleiro, foi criado, por meio do decreto de 21 de agosto de 1997, o Conselho Interministerial do Açúcar e do Álcool - CIMA.

Segundo os dados da Associação Nacional de Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA, 2000), a produção de veículos a etanol manteve-se em 1% de 1998 a 2000. O estímulo dado ao uso do álcool hidratado em determinadas classes de veículos leves, como os carros oficiais e táxis, tem provocado um debate entre especialistas da área econômica, contrários aos incentivos, e os especialistas da área ambiental, favoráveis aos incentivos ao uso do etanol. A Medida Provisória nº 1.662 de 28 de maio de 1998 estabeleceu um percentual mínimo de 22% de álcool anidro na gasolina, podendo chegar até 24%⁶. Os produtores e centros de pesquisa têm também testado a adição de etanol ao óleo diesel.

Nesta fase não há incentivos ao etanol como combustível. Há um estímulo, de natureza regional, que compensa os custos mais elevados de produção na região Nordeste na fase agrícola⁷, relativamente aos estados mais eficientes, e uma compensação de frete para os produtores localizados nos estados mais distantes dos centros de consumo⁸ (Mato Grosso e Mato Grosso do Sul). Este último, entretanto, é de natureza provisória, pois visa proporcionar apenas um tempo de ajustamento aos produtores que enfrentam uma desvantagem natural de mercado. Vale a pena ressaltar que todas as medidas governamentais que se aplicam aos produtos do setor sucroalcooleiro são compatíveis com os compromissos assumidos pelo Brasil na Organização Mundial do Comércio - OMC.

⁵ Mistura MEG - 60% de álcool hidratado, 34% de metanol e 6% de gasolina.

⁶ Essa medida provisória foi regulamentada pela Lei nº 10.203, de 26 de fevereiro de 2001.

⁷ Portaria do Ministério da Fazenda de nº 275/98 e Resolução CIMA nº 5, de 10 de setembro de 1998.

⁸ Portaria da Agência Nacional de Petróleo - ANP de nº 138/98.

1.1.3 Aspectos Econômicos do Proalcool

Redução dos Custos do Etanol

A viabilidade econômica do etanol combustível está diretamente ligada à produtividade da lavoura da cana-de-açúcar e ao rendimento industrial do processo de produção. Nas últimas duas décadas, o desenvolvimento e a implantação de novas técnicas e tecnologias no setor sucroalcooleiro foram os grandes responsáveis pela redução nos seus custos de produção. Acredita-se que, de 1976 a 2000, os custos de produção do álcool carburante no Brasil reduziram-se em aproximadamente 50%, o que corresponde a uma taxa média anual de redução de custos na faixa de 2% a 3%.

Os ganhos de produtividade do setor sucroalcooleiro passaram por três fases distintas:

- a partir de 1975, busca por maior produtividade industrial;
- a partir de 1981-1982, busca por maior eficiência na conversão de sacarose para o produto final, bem como por reduções de custo;
- a partir de 1985, gerenciamento global da produção agrícola e industrial, incluindo o planejamento e o controle da produção da cana, integrados com a produção industrial.

Para uma melhor eficácia dos programas de desenvolvimento tecnológico, a maior ênfase do setor tem sido na área agrícola, pois essa etapa concentra cerca de 61% dos custos de produção do etanol.

Etapas da Produção

Na produção de cana-de-açúcar (fase agrícola)

A produtividade média da cana-de-açúcar brasileira aumentou de 50 a 60 t/ha em 1975 para cerca de 75 a 85 t/ha em 1996, devido a vários fatores:

- variedades selecionadas de cana-de-açúcar - o melhoramento genético da cana é feito pela Cooperativa de Produtores de Cana, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo Ltda. - Copersucar⁹ que detém o maior programa do mundo para estudos nessa área e atende a aproximadamente 60% da produção de cana do Brasil;
- tecnologia agrícola - destaca-se o princípio do gerenciamento da produção agrícola com a utilização de mapas de solos, usos de imagem de satélite para identificação de variedades e aperfeiçoamento do manejo em geral;
- redução do consumo de combustíveis na colheita - a mecanização da colheita e o transporte de maior número de toneladas de cana por viagem proporcionaram uma redução de 50% no consumo de combustíveis na colheita entre 1991 e 1996;

⁹ A Copersucar é uma cooperativa privada que reúne cerca de 100 associados entre produtores rurais, unidades agropecuárias e usinas de açúcar e destilarias de álcool. Na safra 2001-02 foi responsável por uma produção de 54 milhões de toneladas de cana, 3,5 milhões de toneladas de açúcar e 2,4 bilhões de litros de álcool, tendo uma participação de 20 a 25% da produção nacional da agroindústria canavieira.

- colheita da cana crua - comercialização de equipamentos para a colheita de cana crua;
- manejo de resíduos agrícolas - aproveitamento do vinhoto e limpeza da cana a seco, sem a necessidade de lavagem; quando se adota a limpeza da cana a seco deixa-se de incorrer na perda de 1 a 2% do açúcar, levado pela água quando da lavagem da cana;
- redução da demanda por adubos artificiais - valorização do vinhoto como adubo orgânico, rico em fósforo e potássio.

Na produção de etanol (fase industrial)

Foram verificados significativos avanços tecnológicos, resultando em um aumento da produtividade média de conversão de cana-de-açúcar em etanol de 75 litros/t em 1985 para 85 litros/t em 1996, devido a vários fatores:

- extração do caldo - o índice de extração do caldo na moagem da cana elevou-se de 92% para 97%. Além disso, com pequenas modificações em equipamentos e no sistema operacional, foi possível elevar a capacidade de moagem em 45%;
- tratamento e fermentação do caldo - primeiramente, controle biológico e, em seguida, fermentação contínua (mais de 230% de produtividade em relação a 1975);
- destilação - aumento da capacidade de acordo com o grau alcoólico da mistura, devido à melhoria nos equipamentos;
- melhorias no campo da energia - na produção de açúcar e do etanol, de 1980 a 1995, o percentual de auto-suficiência em energia elétrica nas usinas, devido à utilização do bagaço nas caldeiras, passou de 60% à 95%. Diversas usinas já vendem excedentes de energia para a rede elétrica. Em São Paulo, já há uma potência inicial de 300 MW disponibilizados para o sistema elétrico.

Preço do Etanol

Os preços dos combustíveis no Brasil são determinados pelo livre mercado. Dada a importância do setor e a sua própria natureza, as atividades de produção, distribuição e comercialização de combustíveis são reguladas pela Agência Nacional de Petróleo - ANP.

A diferença percentual entre os valores atribuídos ao etanol e ao gasool (gasolina misturada com álcool anidro) entre 1980 e 1997, indica a existência de fases na política energética do Governo:

- 1980 a 1983 - forte estímulo ao etanol - pressionado por uma crise da balança de pagamentos e pelos altos preços do petróleo importado, o preço do etanol, nesse período, era cerca de 40 a 45% inferior ao da gasolina.
- 1984 a 1988 - estímulo moderado ao álcool carburante - interesse interno de controle da inflação e uma redução dos preços do petróleo importado, a partir de 1985, fizeram com que o preço do etanol, nesse período, fosse, em média, 35% inferior ao da gasolina.
- 1989 a 1996 - fraco estímulo governamental ao programa - devido à crise de abastecimento de álcool do fim da década de 1980 e aos baixos preços do



petróleo no mercado internacional, no período, a diferença de preços entre o álcool hidratado e a gasolina para o consumidor, diminuiu para níveis inferiores a 20%, tomando-se o preço da gasolina como referência.

- 1997 até os dias atuais - nos anos mais recentes, com a elevação dos preços do petróleo no mercado internacional, a diferença de preços entre o álcool hidratado e a gasolina para o consumidor voltou a se elevar¹⁰. Nota-se a falta de uma política definida para o álcool hidratado combustível, embora diversas autoridades tenham se posicionado no sentido da retomada dessa opção. O retorno dos incentivos ao carro a álcool tem sido debatido¹¹ e os preços crescentes do petróleo no mercado internacional, bem como a realidade cambial, tendem a viabilizar o uso do álcool.

Durante a década de 1980, o etanol, além de favorecer a redução das importações de petróleo e derivados, contribuiu para a pauta de exportações brasileiras. Todavia, a partir de 1989, houve um período de importações líquidas de etanol, em decorrência da crise interna de abastecimento. Nos últimos anos, o balanço voltou a ser de exportações líquidas e há clara tendência de que o Brasil deverá ser um significativo exportador desse produto, devido às vantagens comparativas da produção no país e à adoção de programas de uso do álcool combustível em diversos países como estratégia de melhoria ambiental e de redução de emissões.

1.1.4 As Externalidades do Proalcool

O Proalcool é um programa governamental que engloba políticas energéticas, industriais, agrícolas, de transportes, de comércio exterior, sociais, trabalhistas e ambientais. Portanto, para uma melhor avaliação do Programa, especialistas têm apontado para a necessidade de se considerar as diversas externalidades nas etapas agrícola, industrial e energética, a fim de distinguir, com mais clareza, os impactos socioeconômicos e ambientais da produção e do consumo da cana-de-açúcar e do etanol.

Ambientais

Eliminação do chumbo tetraetila da gasolina - o Brasil foi o primeiro país do mundo a eliminar totalmente o chumbo tetraetila dos combustíveis em 1992, embora, desde 1989, cerca de 99% do petróleo refinado no país já não usasse esse aditivo. Essa conquista deu-se graças ao uso do álcool como aditivo à gasolina.

Redução na poluição atmosférica dos centros urbanos - segundo a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB, caso toda frota de carros do país fosse movida a etanol, a poluição atmosférica nos grandes centros diminuiria entre 20% e 40%. As emissões de CO foram significativamente reduzidas: antes de 1980, quando a gasolina era o único combustível em uso, as emissões de CO eram superiores a 50g/km rodado, tendo sido reduzidas para menos de 1g/km em 2000, devido às mudanças tecnológicas introduzidas no período, o que implicou em reduções significativas de emissões também para outros gases (vide Tabela 7.5.4).

Um outro fator a ser considerado nos grandes centros urbanos refere-se à emissão significativa de SO_x, resultado da queima de gasolina e diesel, que — apesar de ter diminuído de, respectivamente, 0,22 g/km e 2,72 g/km em 1992 para 0,16 g/km e 0,43 g/km em 2000, fruto da redução do teor de enxofre nesses combustíveis — ainda é preocupante em função do aumento da frota (CETESB, 1993 e 2001). A queima de etanol não emite SO_x, sendo esta mais uma vantagem ambiental desse combustível, muito embora

produza uma quantidade de aldeídos ligeiramente maior que a da gasolina.

Redução de gases de efeito estufa - em relação aos riscos de mudança climática global, o balanço final é altamente positivo, uma vez que o processo de fotossíntese da cana absorve da atmosfera um volume de CO₂ equivalente ao da queima do álcool e do bagaço. Contudo, há emissões de gases de efeito estufa na produção agrícola (devido ao uso de fertilizantes e queima para a colheita) e no transporte da cana do campo para a usina. Como consequência, a redução líquida na taxa de emissão de CO₂ é da ordem de 2,46 t CO₂ equivalente por m³ de etanol consumido.

O CO₂ que não foi emitido pela substituição da gasolina correspondeu a reduções médias anuais de 4 Mt C na década de 1980 e de 6,2 Mt C na década de 1990. A redução anual de CO₂ pela substituição da gasolina, no período entre 1975 a 2000, atingiu cerca de 110 MtC¹².

Tabela 1.1.1 - Fluxo de CO₂ equivalente na produção e consumo de etanol no Brasil

Gases	Fluxo
	(tCO ₂ /m ³ etanol)
CO ₂ reduzido*	-2,71
(substituição da gasolina)	-2,44
(substituição do óleo combustível)	-0,27
CO ₂ liberado** (produção de cana/etanol)	0,25
TOTAL LÍQUIDO	-2,46

Fonte: Macedo, 1997.

Notas:

* Média de CO₂ reduzido pela substituição da gasolina, seja por álcool anidro ou hidratado, e substituição do óleo combustível pelo bagaço de cana.

** CO₂ equivalente das fases agrícola e industrial de produção da cana e do etanol¹³.

Ao contrário do etanol brasileiro, produzido à base de cana-de-açúcar e utilizando o bagaço da cana como fonte de energia no seu processo industrial de produção, o álcool produzido a base de grãos (destacadamente do milho) consome grandes volumes de insumos energéticos provenientes de combustíveis fósseis para a sua produção. Isso resulta em reduções de apenas 30 a 36% nas emissões de CO₂ nos veículos movidos a combustível E85 (85% etanol e 15% gasolina) e de apenas 2,4 a 2,9% nos veículos com combustível E10 (10% de etanol e 90% de gasolina). Reduções, portanto, bem modestas se comparadas às emissões líquidas desprezíveis no caso do álcool produzido a partir de cana-de-açúcar no Brasil (Wang *et al.*, 1997).

¹⁰ No período de 2000-2002, a diferença tem se situado na faixa de 35% a 50%, encontrando-se em 2002 em 50%.

¹¹ A Lei nº 10.336, de 19 de dezembro de 2001, institui a Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico - Cide, incidente sobre a importação e a comercialização de petróleo e seus derivados, gás natural e seus derivados, e álcool etílico combustível. O produto de arrecadação da Cide será destinada, na forma da lei orçamentária, ao pagamento de subsídios a preços ou transporte de álcool combustível, de gás natural e seus derivados e de derivados de petróleo; ao financiamento de projetos ambientais relacionados com a indústria do petróleo e do gás; e ao financiamento de programas de infra-estrutura de transportes.

¹² Vide nota de rodapé 2.

¹³ Durante as fases industrial e agrícola de produção de etanol são emitidos gases de efeito estufa como o CO₂, CH₄ e N₂O, da ordem de 250 kg de CO₂ equivalente por m³ de etanol produzido.

Entretanto, na queima das folhas da cana para colheita¹⁴ ocorre liberação de CO₂, embora essa não seja considerada pelos especialistas como uma emissão líquida, pois o carbono emitido foi previamente absorvido pela planta durante seu crescimento. Contudo, durante o processo de combustão, outros gases são produzidos (N₂O e NO_x durante a fase de combustão com chama, e CO e CH₄ sob condições de queima com predomínio de fumaça). No estado de São Paulo, há legislação estabelecendo a extinção gradativa da queima da cana para colheita, o que implica na crescente colheita de cana crua. Adicionalmente, está ocorrendo um esforço para o desenvolvimento de tecnologia para o corte mecânico dessa cana crua, que poderá ser impulsionado pelo aumento do valor econômico das pontas e palhas para a produção de energia elétrica.

Poluição hídrica e pedológica - o despejo de vinhoto nos rios, afluentes, solos e lençóis freáticos foi extremamente crítico no início do Proalcool. Hoje, esse resíduo da produção de etanol transformou-se em uma vantagem econômico-ambiental para o produtor de cana, sendo agora devolvido ao solo como fertilizante, em quantidades controladas para não contaminar os lençóis freáticos.

Energéticas

Balanço energético positivo - uma das grandes vantagens do Proalcool encontra-se no fato de que a produção do etanol é feita com um consumo de energia bem inferior ao que ela produz. Pesquisas demonstram que, nos cultivos do estado de São Paulo, a relação entre energia produzida (etanol e bagaço excedente) e energia consumida (combustíveis fósseis e eletricidade adquirida) varia de 9 a 11,2 vezes.

Potencial de co-geração¹⁵ com uso dos subprodutos do etanol - o uso do bagaço e, eventualmente, da palha da cana excedentes da produção de etanol representam um vasto potencial de co-geração de energia elétrica renovável (vide item 1.4.3.2). Atualmente, cerca de 93% do bagaço é consumido como combustível para fornecer toda energia eletromecânica e térmica requerida para o processamento da cana. Com o uso de caldeiras e turbogeradores de alta pressão, operando somente com bagaço durante a safra (co-geração) é possível obter geração de energia elétrica excedente de até 50 kWh por tonelada de cana. Ainda não há aproveitamento de palhas e pontas, uma vez que, na maior parte dos casos (cerca de 85%), a cana-de-açúcar ainda é queimada antes da colheita. Com a tendência para a colheita da cana sem queimar (poderá atingir 55 a 60%) e com o aproveitamento de 50 a 80% da palha disponível, a usina poderia gerar excedentes acima de 100 kWh/tonelada de cana com a tecnologia convencional (caldeiras e turbogeradores a vapor de alta pressão) ou mesmo acima de 250 kWh/tonelada de cana com tecnologias mais avançadas, como a gaseificação da biomassa e o uso de turbinas a gás. Nesses dois casos, a energia seria gerada o ano inteiro, em um híbrido de co-geração e geração térmica pura.

Uma usina que processa 3 milhões de toneladas de cana por ano pode disponibilizar uma potência de 70 MW para o sistema elétrico brasileiro com o uso do bagaço em caldeiras de 80 a 100 kgf/cm² de vapor. Levando-se em conta a produção brasileira de 300 milhões de toneladas de cana, que corresponde a um potencial de co-geração de 7.000 MW, verifica-se um valor correspondente a mais da metade do potencial instalado da usina hidrelétrica de Itaipu (12.600 MW).

Econômicas

Importante contribuição fiscal - na safra 1996-1997, o setor sucroalcooleiro foi responsável pela circulação anual de recursos monetários da ordem de US\$ 10,5 bilhões, o que correspondeu a uma contribuição anual sob a forma de

impostos federais, estaduais e municipais da ordem de US\$ 2,8 bilhões somente no setor¹⁶.

Custos de produção decrescentes dos produtos da cana - a valores constantes, o custo de produção do etanol baixou a uma taxa média anual de 2,85% entre 1976 e 1996. Estima-se que o custo tenha reduzido a uma taxa média anual de 2% entre 1996 e 2000.

O açúcar do Brasil, por sua vez, tem um dos mais baixos custos de produção do mundo o que permite aos produtores competir em condições favoráveis no mercado internacional.

Sociais

Geração de emprego e salários - a agroindústria sucroalcooleira é uma das grandes geradoras de empregos na economia brasileira, sendo responsável por cerca de um milhão de postos de trabalho, metade dos quais podem ser atribuídos ao álcool e a outra metade ao açúcar.

Manutenção da mão-de-obra no meio rural - além da elevada geração de empregos na agroindústria canavieira, há que se destacar a natureza rural desses empregos, contribuindo para a contenção da migração rural-urbana e evitando o agravamento do crescimento das grandes cidades brasileiras.

Melhoria das condições de saúde - a redução de poluição do ar associada ao maior uso de etanol reduz adicionalmente os gastos públicos com saúde, em especial, nas grandes cidades.

Estratégicas

Alternativa ao petróleo - o consumo crescente de petróleo no mundo, acrescido da forte concentração de reservas petrolíferas nos países do Golfo Pérsico, indica uma tendência crescente de instabilidade nos preços futuros dos hidrocarbonetos. Em 2000, o Brasil produziu, internamente, 78% da oferta interna bruta de petróleo. Com base nos níveis atuais de produção, o etanol da cana-de-açúcar não poderá substituir todo o consumo de petróleo do país; todavia, pode fazer parte das opções energéticas para enfrentar situações de instabilidade no suprimento de petróleo.

Tecnológicas

Desenvolvimento da tecnologia do carro a etanol - a engenharia automotiva brasileira passou por um importante esforço tecnológico para adequar veículos de ciclo Otto para o uso do etanol nas diversas condições climáticas do país. Além disso, novos materiais e revestimentos foram utilizados para evitar a corrosão provocada pelo etanol.

Progressos técnicos na produção sucroalcooleira - o esforço de universidades e centros de pesquisa, públicos e privados, levaram a uma notável evolução científica e

¹⁴ A cana-de-açúcar possui folhagem abundante com bordas cortantes e é plantada em espaçamento tal que, na época da colheita, é muito difícil penetrar na plantação.

¹⁵ Define-se co-geração de energia como o processo de produção combinada de calor útil e energia mecânica, geralmente convertida total ou parcialmente em energia elétrica, a partir da energia química disponibilizada por um ou mais combustíveis (vide item 1.4.3).

¹⁶ Na safra 2001-2002, o setor sucroalcooleiro foi responsável por um faturamento de 7,1 bilhões de dólares e por uma arrecadação de impostos de um bilhão de dólares (a taxa média de câmbio no período foi de R\$ 2,45 por dólar).



tecnológica nacional na área. A partir de 1975, a produtividade da cana aumentou de 50-60 t para 75-85 t/ha, o açúcar passou de 90 a 100 kg para 120 a 140 kg por tonelada de cana processada e o etanol de 60 litros para 80 litros por tonelada de cana. A evolução na produção de cana levou à intensificação do uso de biotecnologias, de técnicas de conservação do solo, bem como melhorias nos ambientes e sistemas de produção.

Qualidade do solo - a princípio, o cultivo da cana-de-açúcar em uma mesma área, ano após ano, pode criar a expectativa de que a produtividade decline com o tempo. Entretanto, o oposto provou ser uma realidade: após décadas de colheitas, a produtividade da cana-de-açúcar brasileira tem aumentado de forma contínua, podendo ser atribuída ao melhor preparo do solo, ao desenvolvimento de variedades superiores de cana e à reciclagem de nutrientes (vinhoto).

1.2 PROGRAMAS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA

1.2.1 Conservação de Energia no Brasil

Existe um grande potencial de economia de energia no Brasil, tanto do lado da oferta quanto do lado da demanda de energia.

A relação entre economia de energia e redução de emissões não é linear, ou seja, uma possível redução do consumo energético não necessariamente acarretará uma redução, na mesma proporção, das emissões de gases de efeito estufa. Isso deve-se, principalmente, ao forte componente hidráulico na geração elétrica. No entanto, caso se verifique um aumento da geração das unidades térmicas a combustíveis fósseis, na economia de energia, acarretará efeitos consideráveis sobre as emissões.

1.2.2 Programas Governamentais de Conservação de Energia

A medida mais comum da intensidade energética é a relação energia por unidade de PIB. No Brasil (BEN, 1998), em 1994, esse índice era de 0,27 tep¹⁷/US\$ 1.000.

As medidas de conservação, no Brasil, foram efetivadas pelo Governo Federal como uma forma de evitar os efeitos das crises de origem externa, notadamente o aumento nos preços do petróleo e o aumento nas taxas de juros que afetaram a geração, trazendo riscos de racionamento.

Em resposta aos choques do petróleo de 1973 e 1979, quando as importações de petróleo do Brasil supriam aproximadamente 70% de seu consumo de energia primária, montou-se uma estratégia centrada na reformulação da política de oferta de energéticos: intensificação da prospecção de petróleo, aumento da base hidrelétrica, uso do carvão nacional e substituição da gasolina pelo etanol para o setor dos transportes (*vide* item 1.1.1).

No início da década de 1980, foi implantado o programa Conserve, administrado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES, que financiava projetos de racionalização energética nas indústrias, mobilizando um amplo esforço do governo e apresentando resultados expressivos.

A partir de meados da década de 1980, foi criado o Programa Nacional de Energia Elétrica - PROCEL e, na década de 1990, o Programa Nacional de Racionalização do Uso de Derivados de Petróleo e do Gás Natural - CONPET, que alcançaram bons resultados.

Os investimentos anuais em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética, por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia, são atualmente regulamentados pela Lei nº 9.991, de 24 julho de 2000, que obriga as concessionárias e permissionárias de serviços públicos de distribuição de energia elétrica a aplicar, anualmente, o montante de, no mínimo, 0,75% de sua receita operacional líquida em pesquisa e desenvolvimento do setor elétrico e, no mínimo, 0,25% em programas de eficiência energética no uso final. Até 31 de dezembro de 2005, os percentuais mínimos serão de 0,5%, tanto para pesquisa e desenvolvimento, como para programas de eficiência energética na oferta e no uso final da energia.

As concessionárias de geração e empresas autorizadas à produção independente, bem como as concessionárias de serviços públicos de transmissão de energia elétrica, ficam obrigadas a aplicar, anualmente, o montante de, no mínimo, 1% de sua receita operacional líquida em pesquisa e desenvolvimento do setor elétrico¹⁸.

Outras medidas de conservação e uso racional de energia¹⁹, bem como de eficiência energética, estão sendo estudadas.

1.2.2.1 Conserve

O programa Conserve, criado no âmbito do Ministério da Indústria e Comércio - MIC (atual Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior - MDIC) em 1981, foi o primeiro esforço em termos de conservação de energia no Brasil, visando a atender os objetivos da Portaria MIC/GM46, relativa à promoção da conservação de energia na indústria, ao desenvolvimento de produtos e processos energeticamente mais eficientes e ao estímulo à substituição de petróleo importado por fontes alternativas autóctones. O programa Conserve é aqui apresentado apenas como registro da experiência acumulada em termos de medidas de eficiência energética no país nas últimas duas décadas.

A redução das importações de petróleo, que ascendeu ao topo das prioridades governamentais após os consecutivos choques do petróleo, atingiu também o óleo combustível fornecido às indústrias. Além da política de aumento de seu preço praticada a partir de 1980, o Conselho Nacional de Petróleo - CNP impôs cortes lineares de 10% e 5%, respectivamente, no fornecimento de óleo combustível e diesel à indústria e implantou um sistema de controle de abastecimento por meio de cotas de combustíveis até 1983. A impopularidade gerada no meio empresarial com a adoção

¹⁷ Considerando que 1 MWh = 0,086 tep (tonelada equivalente de petróleo) e 1 tep = 10.000 Mcal, conforme metodologia adotada pela IEA/OCDE.

¹⁸ Conforme previsto na Lei nº 9.991, algumas resoluções e manuais de procedimentos já foram editados pela ANEEL. As mais recentes resoluções são a Resolução nº 502, de 27 de novembro de 2001, para P&D e a Resolução nº 394, de 18 de setembro de 2001, para eficiência energética. Estima-se que os recursos investidos no período 2000-01 em eficiência energética resultaram em uma redução de consumo de cerca de 4,1 GWh/ano e uma demanda evitada de aproximadamente 154 MW.

¹⁹ Em 17 de outubro de 2001, foi sancionada a Lei nº 10.295 que cria a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, visando a alocação eficiente de recursos energéticos e a preservação do meio ambiente. De acordo com essa lei, o Poder Executivo estabelecerá níveis máximos de consumo específico de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no país, com base em indicadores técnicos pertinentes, os quais os fabricantes e os importadores dessas máquinas e aparelhos serão obrigados a obedecer. A lei dispõe ainda que o Poder Executivo desenvolverá mecanismos que promovam a eficiência energética nas edificações construídas no país.

dessas medidas levou o Governo Federal a oferecer estímulos à conservação e à substituição do óleo combustível consumido na indústria, por meio do programa Conserve.

O Conserve oferecia a possibilidade de realização de diagnósticos energéticos em estabelecimentos industriais, sem ônus para as indústrias, visando identificar o potencial de conservação de energia em cada caso. Complementava a estrutura do Conserve um fundo de recursos a serem repassados, sob a forma de empréstimos, em condições bastantes favoráveis, às empresas de efetivo controle nacional, a fim de respaldarem esforços para a conservação de energia identificados por meio dos diagnósticos.

O resultado mais positivo do Conserve, além da divulgação da conservação de energia no meio industrial, foi a consolidação de uma capacidade nacional de levantamento de oportunidades para a conservação de energia na indústria. O programa permitiu catalisar e direcionar a competência adquirida pelos centros estaduais de pesquisa e desenvolvimento tecnológico para uma atuação junto ao setor produtivo.

Em termos de economia de energia, observa-se que, no período 1981-1985, houve uma diminuição de 9,5 milhões de tep para 5,3 milhões de tep no consumo de óleo combustível no setor industrial, ou seja, uma redução de 44%. Esses resultados, embora significativos, não foram obtidos apenas pelo Conserve. A indicação é de que cerca de 18% tenha sido resultado dessas ações. Boa parte da redução do nível de consumo desse derivado deveu-se à diminuição da atividade industrial no início da década de 1980, em virtude da recessão econômica que o país atravessou. Entretanto, o resultado do Conserve é bem satisfatório para um programa de conservação de derivados de petróleo.

Uma análise crítica do programa deve salientar duas questões: o subaproveitamento dos recursos alocados e a predominância de um enfoque na substituição energética, em prejuízo da diretriz primordial de conservação de energia.

No que se refere à primeira questão, verificou-se que aproximadamente metade dos recursos à disposição do Conserve não foi empregada e as empresas que chegaram a pleitear esses recursos não alcançaram o total de 200, enquanto cerca de 80 fizeram efetivamente uso deles.

É certo que esse subaproveitamento dos recursos não foi resultado apenas da lentidão dos procedimentos burocráticos envolvidos no tratamento dos projetos candidatos à aprovação por parte do Conserve. Devem também ser considerados fatores externos como, por exemplo, o clima de recessão vivido pela economia brasileira no período 1981-1985, que reduziu o nível de atividade industrial e de investimentos no setor, deslocando para segundo plano as atividades de conservação de energia e a ausência de uma sinalização clara por parte das autoridades quanto aos rumos da política econômica e, em particular, da política energética.

Com relação à segunda questão salientada, pode-se observar na Tabela 1.2.1 que a maior parte das operações aprovadas no âmbito do Conserve, pelo sistema BNDES, entre 1981 e 1985, foram de substituição energética (79%), ficando a economia de energéticos, via conservação, restrita aos demais 21%.

Tabela 1.2.1 - Economia Total de Derivados de Petróleo no período 1981 a 1985

Setores	Conservação	Substituição	Total
	(10 ³ tep)		
Papel e Celulose	155,1	165,8	320,9
Siderurgia	146,7	486,8	633,5
Cimento	0,4	498,6	499,0
Petroquímico	26,6	93,3	119,9
Energético	42,0	7,4	49,4
Metalurgia	2,1	13,9	16,0
Mineração	-	8,6	8,6
Agroindústria	1,0	88,8	89,8
Material de Construção	-	18,0	18,0
Total	373,9	1381,2	1755,1

Fonte: Piccinini, 1994.

Assim, verifica-se que o programa Conserve sofreu uma distorção de suas diretrizes básicas, visto que se constituiu, na prática, em um conjunto de esforços e medidas voltados à substituição de derivados de petróleo, inclusive com prováveis perdas de eficiência, deixando de lado a sua essência de programa de conservação de energia.

Em 1981, verificava-se a existência de um quadro recessivo na economia, com reflexos na redução da demanda de energia elétrica, resultando em certa ociosidade da capacidade instalada do parque gerador do país. Assim, com o intuito de reduzir a capacidade ociosa do setor elétrico, foi criada a Energia Garantida por Tempo Determinado - EGTD²⁰, tendo como alvo o setor industrial, pressionado pelos altos preços dos derivados de petróleo. Essa tarifa era fornecida a empresas dispostas a substituir derivados de petróleo por eletricidade, a preços até 30% menores que os normais.

Dessa forma, a intensificação do uso da energia elétrica no setor industrial, que já era motivada pelo Conserve, ganhou reforço, resultante da aplicação da tarifa EGTD. Essa, por sua vez, exerceu forte influência no desempenho do Conserve, à medida que ampliou a distorção das diretrizes primordiais do programa, viabilizando a alternativa de substituição de derivados por eletricidade, em detrimento do enfoque original do programa.

Além disso, a EGTD elevou o nível de subaproveitamento dos recursos do Conserve, à medida que se constituía em alternativa a esse programa, com reduzido número de procedimentos burocráticos e com implementação mais rápida, apresentando, assim, um "serviço" mais eficiente ao "público" (setor industrial), causando várias desistências de candidaturas já apresentadas ao programa Conserve.

²⁰ Entende-se por "Energia Garantida por Tempo Determinado", de acordo com a Portaria do MME de nº 1.169, de 20 de agosto de 1982, a energia ativa, suplementar à energia firme do sistema elétrico interligado, posta à disposição de determinados consumidores industriais, com garantia mínima de fornecimento por 3000 ou por 6000 horas anuais.



Com a crescente utilização da eletricidade para fins térmicos no setor industrial, promovida pelo Conserve e EGDT, verifica-se que, na verdade, ocorreu uma transferência de responsabilidade sobre a conservação de energia para o setor elétrico, uma vez que o crescimento da demanda por energia elétrica para fins térmicos na indústria começava a pressionar a capacidade de oferta de eletricidade existente no parque gerador.

Portanto, a opção estratégica face à conjuntura existente na época foi a implementação de uma política de conservação do uso de energia elétrica, que acabou por se refletir na criação do PROCEL, em 1985, sob a coordenação das Centrais Elétricas do Brasil S.A. - Eletrobrás.

1.2.2.2 PROCEL

O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - PROCEL foi instituído pela Portaria Interministerial nº 1877 de 30 de dezembro de 1985, por iniciativa conjunta do Ministério de Minas e Energia - MME e do então Ministério da Indústria e Comércio - MIC.

O programa tinha o objetivo de combater o desperdício na produção e no uso de energia elétrica, propiciando o mesmo produto ou serviço com menor consumo, em função da maior eficiência energética, assegurando, assim, uma redução global de custos e de investimentos em novas instalações do sistema elétrico.

Em 18 de julho de 1991, por decreto presidencial, o PROCEL deixou de ser um programa setorial e foi transformado em programa de Governo, tendo sua abrangência e responsabilidade ampliadas. O programa passou a não se restringir apenas ao setor elétrico, articulando-se, a partir de então, com todos os segmentos da sociedade direta ou indiretamente ligados à produção e ao uso da energia elétrica.

Desde a criação do PROCEL até 1989, observou-se um enfoque mais generalista das questões abordadas, com o incentivo à pesquisa e a promoção de novas tecnologias. Contudo, em 1989, promoveu-se uma reformulação na estrutura operacional do PROCEL, de modo a dar mais agilidade às ações de cunho executivo que resultassem em economias reais de energia.

Porém, no período 1990-1991, o PROCEL sofreu uma certa estagnação e somente em 1994 houve uma revitalização do Programa, com o objetivo de aumentar seu poder de articulação e coordenação, bem como descentralizar as atividades executivas por meio de uma melhor estruturação das áreas de conservação nas concessionárias de energia elétrica, estimulando a capacitação de multiplicadores e fortalecendo a relação do programa com a iniciativa privada.

A revitalização do PROCEL foi motivada pelo estabelecimento de contratos internacionais a partir de 1993, visando a aprendizagem com a experiência estrangeira, além da cooperação com o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD e com a Comissão Européia. O objetivo do projeto é prover condições para que o PROCEL atue como um órgão de conservação de energia elétrica, de forma autônoma e independente.

Outros esforços visando a revitalização do programa foram: a promulgação da Lei nº 8.631, de 4 de março de 1993, que determinou que parte dos recursos da Reserva Global de Reversão - RGR²¹ devia ser alocada para a conservação de energia elétrica; a elaboração do Plano de Ações Prioritárias

²¹ A RGR é um fundo federal formado com recursos das concessionárias, proporcionais aos investimentos das mesmas em instalações e serviços. Esse fundo destina-se ao investimento em energia elétrica, sendo uma parte direcionada a projetos de eficiência energética.

da Eletrobrás, que definiu um conjunto de medidas de estímulo à conservação, no âmbito da Campanha Nacional contra o Desperdício, do MME; e a instalação do Comitê de Conservação e Uso Racional de Energia Elétrica das Empresas do Sistema Eletrobrás - Consel.

Com o novo enfoque, o PROCEL passou a atuar também na redução das perdas dos sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica; e sobretudo, na definição objetiva dos potenciais e das prioridades de conservação de energia elétrica a curto prazo, de modo a alavancar os objetivos de longo prazo do programa.

Entre 1986 e 1992, diversas iniciativas foram identificadas. Entretanto, apenas cinco linhas de ação foram objeto de programas concretos, tendo sido implementados ao longo desse período:

- Etiquetas de consumo: têm o objetivo de informar aos consumidores o nível de consumo de energia elétrica dos eletrodomésticos existentes no mercado, de modo a influenciar sua opção de compra e induzir os fabricantes a elevar a eficiência energética de seus equipamentos.
- Diagnóstico energético, auto-avaliação e otimização energética: consiste em uma avaliação sobre a utilização de energia e as condições das instalações da unidade consumidora, permitindo identificar os pontos críticos e indicar necessidades de equipamentos específicos.
- Pesquisa e desenvolvimento tecnológico: correspondem a um investimento de cerca de um terço dos recursos do PROCEL, com intuito de possibilitar a entrada no mercado de um número crescente de equipamentos de uso final mais eficientes.
- Iluminação pública: por meio de um esforço conjunto das concessionárias de distribuição e do PROCEL, houve a substituição das lâmpadas incandescentes por lâmpadas de vapor de mercúrio e de vapor de sódio de alta pressão, que consomem cerca de 75% menos energia que as incandescentes.
- Programas de informação, educação e promoção: o objetivo foi possibilitar que os diversos segmentos da sociedade brasileira tivessem acesso a informações a respeito da conservação da energia elétrica. Destacam-se o PROCEL nas Escolas (*vide* item 4.2.1), bem como os manuais e folhetos de orientação para consumo de energia.

A partir de 1994, o PROCEL incorporou novas atividades, além do aperfeiçoamento daquelas já mencionadas, destacando-se sua atuação nas áreas de:

- Marketing: procura consolidar a marca PROCEL e promover a divulgação institucional dos conceitos de combate ao desperdício de energia elétrica perante o mercado e o público. Os instrumentos mais utilizados são o "Selo de Economia de Energia" e o "Prêmio Nacional de Combate ao Desperdício de Energia".
- Setor residencial: normalmente conduzido em parceria com as concessionárias, pretende combater o desperdício com a utilização de lâmpadas e eletrodomésticos eficientes.
- Prédios públicos: visa a otimização dos gastos de energia em prédios da administração pública, pelo uso de iluminação e de refrigeração eficientes ou pela orientação aos funcionários quanto ao uso racional dos recursos.
- Gestão energética municipal: desenvolvido em convênio com prefeituras, objetiva otimizar os dispêndios municipais com energia elétrica.

- **Gestão de ponta:** envolve ações que buscam utilizar diversos meios de reduzir a demanda de energia elétrica nos horários de ponta dos sistemas.
- **Redução de perdas no sistema elétrico:** desenvolvido pelas concessionárias, no sentido de tomar suas instalações mais eficientes. Podem abranger usinas, subestações, linhas de transmissão e redes de distribuição.
- **Treinamento:** visa preparar adequadamente os recursos humanos necessários aos objetivos de combate ao desperdício de energia a longo prazo. Assim, muitos cursos, bem como seminários e conferências, têm sido promovidos para consumidores industriais e comerciais, técnicos de concessionárias, organizações públicas, cobrindo diversos temas e contando com a participação de universidades, especialistas internacionais, entre outros.
- **Pesquisa e desenvolvimento tecnológico:** para suporte aos programas de combate ao desperdício de energia, em termos de base de dados e instrumental metodológico.
- **Sistema de informação, gerenciamento e avaliação de resultados:** o PROCEL vem aperfeiçoando os métodos de análise, implementação e avaliação dos resultados dos programas de conservação de energia.

Resultados

Os resultados quantitativos alcançados pelo PROCEL têm sido estimados em termos de economia de energia, expressa em GWh/ano, e na redução de demanda obtida durante o horário de ponta do sistema, expressa em MW retirado ou deslocado da ponta.

Esses valores de economia de energia e de redução de demanda podem, ainda, ser traduzidos como sendo a energia elétrica equivalente produzida por uma usina hidrelétrica típica (usina equivalente), cuja construção foi postergada devido à implementação das medidas de conservação de energia. Considera-se, ainda, o investimento que foi evitado para a construção dessa usina, em termos do custo de expansão do sistema elétrico, levando em conta a geração, transmissão e distribuição da energia aos consumidores finais.

Os indicadores da Tabela 1.2.2 mostram os resultados acumulados das ações do PROCEL nos períodos 1986 a 1995

Tabela 1.2.2 - Resultados quantitativos do PROCEL

Indicadores	1986-1995	1996	1997	1998
Investimentos aprovados (R\$ milhões)	63,5	50	122	159
Investimentos já realizados (R\$ milhões)	47,3	19,6	40,6	50,4
Energia anual economizada e geração adicional (GWh)	1.846	1.970	1.758	1.977
Usina equivalente (MW)	435	430	1.758	1.977
Redução de carga de ponta (MW)	322	293	415	460
Investimento evitado (R\$ milhões)	870	860	830	920

Fonte: Eletrobrás/PROCEL, 1998.

Como pode ser observado, no período 1986-1998, o PROCEL possibilitou uma economia de energia de 7.551 GWh, a um custo inferior a R\$ 395 milhões, frente a um investimento evitado de R\$ 3,48 bilhões na construção de usinas. Em outras palavras, para cada R\$ 1,00 aplicados no combate ao desperdício foram economizados R\$ 8,81.

Reluz

Em 2000, foi lançado o programa Reluz com o objetivo de promover a implantação de sistemas de iluminação pública eficientes e proporcionar a melhoria da segurança pública em todo o país. O Governo Federal, sob a coordenação do MME, com suporte técnico, financeiro e administrativo da Eletrobrás e em parceria com a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL²², pretende tornar eficiente 9 milhões de pontos de iluminação pública, reduzindo 580 MW da carga no horário da ponta do consumo e economizando 2.550 GWh por ano de energia elétrica.

A economia de energia reduzirá a despesa pública dos municípios com iluminação, diminuindo a conta de energia elétrica e os custos, dentre outros, de manutenção e de estoques, com retorno previsto do investimento em 3,3 anos.

1.2.2.3 CONPET

O Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados de Petróleo e do Gás Natural - CONPET foi criado por decreto presidencial, em 18 de julho de 1991, com a finalidade de desenvolver e integrar ações que visam a racionalização do uso de derivados de petróleo e do gás natural, por meio da redução de perdas e da eliminação de desperdício, do uso de energia de forma mais racional e eficiente, e do desenvolvimento de tecnologias de maior eficiência energética. Todas essas medidas estão em consonância com as diretrizes do Programa Nacional de Racionalização da Produção e do Uso de Energia, instituído pelo Decreto nº 99.250, de 11 de maio de 1990.

A meta do CONPET é obter um ganho de eficiência energética de 25% no uso de derivados de petróleo e do gás natural nos próximos vinte anos, sem afetar o nível das atividades dos diversos setores da economia nacional. O CONPET vem desenvolvendo projetos nos setores transporte; industrial; residencial e comercial; agropecuário e geração de energia termelétrica.

Setor Transporte

Fixação de índices de eficiência energética - projeto desenvolvido no âmbito do acordo Brasil - União Européia - UE, com participação do setor privado e órgãos governamentais vinculados ao transporte rodoviário. Trata-se do desenvolvimento de uma metodologia para avaliar a eficiência energética em frotas de ônibus e caminhões, bem como comparar a eficiência energética desse setor no Brasil e nos países da Europa Ocidental. O projeto visa, ainda, desenvolver projetos de demonstração e de disseminação, por meio do monitoramento do consumo de combustível, manutenção de veículos, treinamento de motoristas e novas tecnologias de economia de combustíveis.

²² A Lei nº 9.427, de 26 dezembro de 1996, que institui a ANEEL, cita em seu artigo 2º que a Agência tem por finalidade regular e fiscalizar a produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica, em conformidade com as políticas e diretrizes do Governo Federal. O artigo 3º cita ainda que compete à ANEEL: "V - dirimir, no âmbito administrativo, as divergências entre concessionárias, permissionárias, autorizadas, produtores independentes e autoprodutores, bem como entre esses agentes e seus consumidores".



Transporte urbano de passageiros - desenvolvimento de uma metodologia para o gerenciamento do uso do óleo diesel em empresas de ônibus, realizado em parceria com a Federação de Transportes de Passageiros Urbanos do Estado do Rio de Janeiro - Fetranspor. Há 35 empresas no estado do Rio de Janeiro engajadas no projeto. Envolve projetos de demonstração para validar a metodologia e incentivar as empresas operadoras de ônibus a adotar práticas e tecnologias de gerenciamento voltadas à redução do consumo de combustíveis.

Transporte rodoviário de cargas (Projeto SIGA BEM) - projeto piloto com a BR Distribuidora, instalado inicialmente em junho de 1994, no Posto Petrobras da Rodovia Fernão Dias, em Betim-MG, e que em 2000 já contava com cerca de 75 postos de atendimento nas estradas. Objetiva motivar o caminhoneiro a economizar combustível, além de acompanhar e analisar o consumo de seu veículo, por meio da divulgação de material informativo e de regulação e manutenção dos veículos para diminuição de consumo de combustível, realizadas gratuitamente nos postos de atendimento.

Projeto Economizar - criado em 1996 como instrumento de racionalização do uso da energia, objetivo prioritário da política energética do MME, o projeto articula esforços do poder público com o setor privado, apoiando as empresas de transporte de cargas e passageiros na implementação de medidas para melhorar a gestão do uso do óleo diesel e na qualificação profissional de motoristas e mecânicos. O projeto atua em 21 estados, com a participação de 14 entidades regionais (federações e sindicatos), já tendo realizado mais de 111 mil avaliações em 67 mil veículos. De acordo com essas avaliações, foram observadas reduções de até 14% no consumo específico de diesel nas frotas participantes do projeto, o que resultou na economia anual de combustível da ordem de 144 milhões de litros e 402 Gg CO₂ não emitidos para a atmosfera.

Selo de eficiência energética - instituído por decreto presidencial em 8 de dezembro de 1993, tem por objetivo dar distinção ao veículo leve, que, já etiquetado, apresente o melhor desempenho energético em sua categoria.

Setor Industrial

Fixação de índices de eficiência energética - projeto de cooperação Brasil-UE para desenvolver índices para avaliação de eficiência energética na indústria e para facilitar a comparação relativa à eficiência energética com as indústrias da Europa Ocidental.

Conservação de energia nos cursos profissionalizantes - treinamento e difusão dos conceitos sobre conservação de energia e uso racional de combustíveis nos cursos profissionalizantes do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial - SENAI, incluindo o desenvolvimento de material didático para alunos e professores.

Co-geração - integração energética de plantas industriais da Petrobras a partir da utilização de sistemas de co-geração de energia.

Setor Residencial e Comercial

Revisão de normas técnicas - projeto de revisão das normas técnicas para os testes de desempenho energético de fogões e aquecedores de água, a gás, de uso doméstico.

Selo verde de eficiência energética - instituído por decreto presidencial para distinguir o equipamento eletrodoméstico que apresente melhor desempenho energético em sua categoria.

1.2.2.4 Ações das concessionárias estaduais

São Paulo

Ações de conservação de energia estão sendo implantadas no estado de São Paulo desde 1985, por meio da Agência para Aplicação de Energia - AAE e pelas concessionárias Centrais Elétricas de São Paulo - CESP, Eletropaulo Metropolitana Eletricidade de São Paulo S.A. - Eletropaulo, Companhia Paulista de Força e Luz - CPFL e Companhia de Gás de São Paulo - Comgas.

A AAE recebe recursos financeiros e pessoal das três concessionárias do estado²³ e coordena o programa de eficiência energética no estado de São Paulo. As concessionárias participam dos programas implantados pela AAE, mas também executam ações próprias, geralmente por meio dos departamentos de distribuição. Embora uma série de ações já tenha sido implementada, ainda não estão disponíveis os resultados dos esforços em conservação de energia.

Programa estadual para o uso racional de energia - seu propósito é medir e acompanhar o consumo de energia em todos os prédios públicos e fornecer recomendações de como controlar o consumo.

Educação de estudantes nas escolas de 1º e 2º graus sobre eficiência energética - programa estabelecido no final da década de 1980, com o propósito de educar estudantes e treinar professores para evitar o desperdício de energia.

Treinamento de várias categorias de profissionais no uso eficiente de energia - diversos cursos e reuniões ocorrem anualmente com o propósito de treinar especialistas em marketing e técnicos em atividades industriais e comerciais envolvidos com o gerenciamento de energia.

Estímulo às atividades de empresas tipo Energy Saving Companies - ESCO - é amplamente aceito que empresas tipo ESCOs sejam parceiras importantes para a difusão de tecnologias energeticamente eficientes.

Minas Gerais

A concessionária pública Centrais Elétricas de Minas Gerais - CEMIG tem aumentado o seu interesse em eficiência energética nos últimos anos. A maior parte das ações ocorreu numa área rural pobre onde a instalação da rede é muito custosa (Vale de Jequitinhonha). Nessa área, a CEMIG subsidiou o uso de lâmpadas compactas fluorescentes - LFC e a instalação de aquecedores solares associados a limitadores de corrente no horário de pico. A CEMIG também foi a pioneira na instalação de medidores sazonais nas residências, com o propósito de desestimular o consumo durante as horas de pico, por meio de um sobrepreço na eletricidade consumida nesse horário. Esse programa — intitulado "Tarifa Amarela" — está sendo implantado em outras concessionárias.

Outros estados

A partir do final dos anos 1990, a Companhia Elétrica do Ceará - COELCE demonstrou interesse em ações de conservação de energia e está envolvida em um grande

²³ Atualmente, com a privatização das empresas, estão sendo negociados novos patamares de cooperação no estado em concordância com as novas propostas da ANEEL.

programa de estímulo ao uso de lâmpadas LFC. A Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. - Eletronorte interessou-se pela eficiência energética devido à dificuldade em fornecer eletricidade para o mercado crescente da cidade de Manaus. A Companhia Elétrica da Bahia - COELBA e a Companhia Elétrica do Paraná - COPEL, nos últimos anos, têm também sido ativas em ações de projetos de demonstração executados no setor residencial e de iluminação pública.

1.3 Contribuição da Geração Hidrelétrica para a Redução das Emissões de Gases de Efeito Estufa

1.3.1 Evolução da Geração de Energia Elétrica

O Brasil caracteriza-se por ser um país de dimensões continentais, contando com oito grandes bacias hidrográficas: a do rio Amazonas; a do rio Tocantins; a do Atlântico Sul, trechos Norte e Nordeste; a do rio São Francisco; a do Atlântico Sul, trecho Leste; a do rio Paraná; a do rio Paraguai; e a do Atlântico Sul, trecho Sudeste.

A produção hídrica em território brasileiro, definida como o escoamento anual médio dos rios que deságuam no oceano, é de 168.790 m³/s. Levando-se em consideração a vazão produzida na área da bacia Amazônica que se encontra em território estrangeiro, estimada em 89.000 m³/s, essa disponibilidade hídrica total atinge 257.790 m³/s.

O potencial hidrelétrico do país é avaliado atualmente em 1.268 TWh/ano (inclusive 50% da capacidade dos potenciais binacionais), dos quais apenas cerca de 24% estavam aproveitados em 2000.

A preferência pela opção hidrelétrica antecede a década de 1960, na qual foi iniciado o planejamento integrado da expansão do suprimento em nível regional e, em seguida, nacional. Embora não se disponha de estatísticas de produção antes de 1950, os dados referentes à capacidade geradora instalada indicam uma predominância histórica da hidreletricidade no Brasil, a saber:

Tabela 1.3.1 - Brasil - Capacidade Geradora Instalada

Ano	Hidro*	Total	H / T
	(MW)	(MW)	(%)
1900	5	10	50
1910	124	157	79
1920	301	367	82
1930	630	779	81
1940	1.009	1.244	81
1950	1.536	1.883	82
1960	3.642	4.800	76
1970	8.985	11.239	80
1980	27.651	33.474	83
1990	45.558	53.050	86
1997	54.889	62.972	87
1998	56.759	65.209	87
1999	58.997	69.153	85
2000	61.324	74.903	82

Fonte: MME, 2001.

*Inclui 50% de Itaipu a partir de 1994.

Na década de 1950, foi iniciada a atuação estatal em larga escala na geração hidrelétrica, com a implantação de usinas nos rios São Francisco e Grande. No primeiro, teve início com a usina Paulo Afonso I (180 MW), na Bahia, seguida pela usina Três Marias (306 MW), em Minas Gerais. No segundo, destaca-se a usina de Furnas (1.312 MW), pela sua capacidade instalada e capacidade de outros aproveitamentos importantes, à jusante. Destaca-se, a seguir, a implantação das usinas de Jupia (1.414 MW) e Ilha Solteira (3.444 MW) no rio Paraná, iniciada na década de 1960, quando também foi iniciada a exploração das bacias do Parapanema e Iguazu. Na década de 1970, destacam-se, além da expansão do aproveitamento das bacias do São Francisco e do Paraná (em território brasileiro), o início da construção de Itaipu (12.600 MW), em seu trecho internacional, bem como o aproveitamento do potencial da Amazônia, com a usina de Tucuruí (4.200 MW, iniciais) no rio Tocantins.

A preferência do setor elétrico pela hidreletricidade decorreu, mesmo antes de 1973 (o primeiro choque do petróleo), dos custos competitivos dessa modalidade de produção de energia elétrica, proporcionados pelas condições naturais favoráveis de diversos aproveitamentos, sua relativa proximidade dos mercados a serem atendidos, a consideração de taxas de desconto não muito elevadas (da ordem de 10% ao ano) e, em nível empresarial, acesso a créditos cujos juros reais não ultrapassavam cerca de 6% ao ano. Essas vantagens relativas apresentadas por diversos aproveitamentos prevaleceram mesmo na década de 1960, quando os preços do petróleo atingiram os níveis mais baixos, inclusive com redução nos preços de transporte internacional. O peso da importação de combustíveis e de equipamentos (mais significativo no caso das usinas térmicas, principalmente aquelas a carvão) sobre a balança de pagamentos também foi relevante para a opção realizada.

A partir do início da década de 1970, houve um grande crescimento da participação hidrelétrica na produção de eletricidade no país. Vários fatores contribuíram para isso:

- a elevação dos preços dos combustíveis, com a conseqüente renovada pressão das importações sobre a balança de pagamentos;
- a diminuição dos custos unitários de transmissão, valorizando potenciais mais afastados dos centros de consumo;
- aproveitamento de diversidades hidrológicas;
- maior vida útil das hidrelétricas;
- amortecimento de cheias;
- aumento de custo das usinas térmicas, principalmente aquelas a carvão, devido à qualidade relativamente baixa do carvão nacional;
- aumento das restrições ambientais que passaram a ser atendidas;
- agravamento do choque do petróleo, em 1979, quando todos os países importadores procuraram reduzir sua dependência em relação a esse combustível; e
- fatores geopolíticos que influenciaram favoravelmente a decisão de implementar alguns projetos, tais como Itaipu e Tucuruí.

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de energia hidrelétrica e sua matriz energética tem como característica marcante a excepcional participação da hidreletricidade na



geração de energia elétrica. Em 2000, foram produzidos, no Brasil, 347,7 TWh de eletricidade. Dessa produção, 88,5% foram de origem hidráulica. Do percentual restante, parcela significativa foi produzida a partir de biomassa (cerca de 3%) e de energia nuclear (cerca de 1,5%).

1.3.2 Balanço Energético Nacional 1970-2000

De acordo com o MME, a energia elétrica destinada ao atendimento da demanda interna do país (adquirida pelos consumidores, mais autoprodução) apresentou a seguinte evolução:

Tabela 1.3.2 - Oferta por Fonte e Consumo Final de Eletricidade

Fonte	1970	1980	1990	1999	2000
	(TWh)				
Geração Total*	45,7	139,3	222,8	332,3	347,7
Geração Hidrelétrica	39,8	128,9	206,7	292,9	307,6
Geração Térmica	5,9	10,4	16,1	39,4	40,1
Nuclear			2,2	4,0	5,0
Carvão Mineral	1,4	2,6	2,8	7,4	6,4
Gás Natural			0,7	2,0	3,8
Petróleo	3,7	5,2	5,4	16,0	14,1
Outras	0,8	2,6	5,0	10,0	10,8
Importação Líquida		-0,2	26,5	39,9	42,4
Oferta Bruta de Eletricidade	45,7	139,1	249,4	372,2	390,1
Perdas, Distribuição e Armazenagem	6,1	16,4	31,7	57,5	58,5
Consumo Final	39,6	122,7	217,7	314,7	331,6

Fonte: MME, 2001, exceto desagregação referente à geração térmica em 2000 (normalizada a partir de e&e Economia & Energia elaboração própria).

* Inclui centrais elétricas de serviço público e autoprodutores.

A importação, indicada na Tabela 1.3.2, provém principalmente da usina hidrelétrica de Itaipu e corresponde à parte da quota paraguaia dessa usina, tendo em vista que o Paraguai, por não utilizar tal quota, cede seu direito de compra ao Brasil. Trata-se, pois, em sua quase totalidade, de energia hidrelétrica produzida na fronteira do país, a partir de investimento realizado com recursos predominantemente brasileiros. Considera-se, também, que as fontes sob a denominação "outras" são, principalmente, derivados da biomassa e, portanto, renováveis.

1.3.3 Impacto em termos de emissões de gases de efeito estufa de evoluções hipotéticas alternativas das fontes de oferta de eletricidade entre 1960 e 2000

Para se avaliar o impacto de evoluções diferentes do quadro de fontes de oferta de eletricidade, em termos de emissões, serão consideradas as seguintes hipóteses:

I - a partir de 1960, 30% da geração hidrelétrica verificada seria substituída por energia térmica na proporção de 40% de carvão e 60% de óleo combustível. A participação do carvão importado seria mais significativa, podendo-se admitir níveis mais baixos de emissão de SO₂ do que com o carvão nacional que foi empregado até hoje na termelétrica.

II - a partir de 1960, 75% da geração hidrelétrica verificada seria substituída por geração termelétrica na mesma proporção de 40% de carvão e 60% de óleo combustível. O nível de emissões poderia ser ainda mais atenuado se for considerada a hipótese adicional de que a energia nuclear aumentaria a sua participação, atingindo 10% do total da geração em 2000. Nesse caso, a geração termelétrica teria a seguinte composição: 35% de carvão, 52% de óleo combustível e 13% de nuclear.

Enquanto no Caso I o aumento das emissões totais de CO₂ do país seria de 29%, em 2000, no Caso II esse aumento alcançaria entre 62% e 71%, conforme se aumentasse, ou não, a participação nuclear. Estima-se que, de 1960 a 2000, a massa de CO₂ emitida, adicionalmente, teria sido de 1,6 x 10⁹t, no Caso I, e de 3,5 a 3,9 x 10⁹t, no Caso II. Já os índices de emissões, referentes à população e ao PIB, teriam as evoluções indicadas na Tabela 1.3.3.

Tabela 1.3.3 - Comparação das emissões hipotéticas brasileiras de CO₂ com a população e o PIB

Comparação com a população	1970	2000
	(t/hab)	
Verificado	0,86	1,83
Caso I	0,98	2,35
Caso II	1,15	2,97* a 3,14
Comparação com o PIB de 2000	(t / 10 ³ US\$)	
Verificado	0,37	0,40
Caso I	0,42	0,51
Caso II	0,49	0,64* a 0,68

Fonte: PIB (PPP).

*Em função da maior participação (10%) do nuclear.

Observa-se na Tabela 1.3.3 que, embora as emissões de CO₂ por habitante tenham aumentado em função da industrialização e da ampliação do volume de transportes, não obstante os esforços de conservação de energia, as taxas de toneladas de CO₂ por unidade de PIB mantiveram magnitude de mesma ordem de grandeza. Entretanto, se o desenvolvimento hidrelétrico tivesse sido significativamente menor, conforme as duas hipóteses formuladas, essas taxas de emissões por US\$ de PIB teriam apresentado valores substancialmente maiores, aproximando-se daqueles verificados nos países industrializados, apesar de ainda inferiores aos de outros países na América Latina.

Os níveis de emissão de gases de efeito estufa, decorrentes da utilização de combustíveis fósseis na geração de energia elétrica, encontram-se entre os mais baixos do mundo, quer em termos *per capita*, quer por US\$ do PIB. A ampla utilização de uma fonte renovável (hidrelétrica) também proporciona ao país sustentabilidade no seu desenvolvimento e maior autonomia de suprimento de energia.

Tendo em vista a magnitude do potencial que poderá ser aproveitado em condições economicamente competitivas com outras fontes e crescente conscientização quanto à necessidade de evitar a degradação ambiental, particularmente no tocante à mudança de clima, é provável que a política energética e ambiental do país procure manter, nas duas próximas décadas, uma elevada participação da energia hidráulica no atendimento da expansão dos requisitos de energia elétrica. Para que esse desenvolvimento seja realizado, é necessário que condições

financeiras adequadas sejam proporcionadas e que os benefícios de longo prazo, ambientais e energéticos, sejam considerados nas comparações de alternativas para produção de eletricidade.

1.4 Situação e Perspectivas das Novas Fontes Renováveis de Energia no Brasil

As novas fontes de energia renovável incluem o "uso moderno da biomassa", as pequenas centrais hidrelétricas - PCH, a energia eólica, a energia solar (incluindo fotovoltaica), a energia maremotriz e a energia geotérmica. O "uso moderno da biomassa" exclui os usos tradicionais da biomassa, como lenha, e inclui o uso de resíduos agrícolas e florestais, bem como de resíduos sólidos (lixo), para a geração de eletricidade, produção de calor e combustíveis líquidos para transporte.

O Brasil caracteriza-se por ter uma matriz energética preponderantemente renovável e não necessariamente baseada em energéticos tradicionais como a madeira, mas em energéticos como eletricidade de origem hidráulica e combustíveis como o etanol. Nas áreas remotas, existe uma demanda reprimida que fará crescer a demanda por energia solar fotovoltaica, sistemas eólicos de pequeno porte e sistemas de geração utilizando óleos vegetais. Espera-se que os incentivos institucionais e regulatórios introduzidos nos últimos anos reduzam o espaço ocupado pelos combustíveis fósseis, em benefício de fontes renováveis locais.

Considerando que uma parcela substancial dos projetos de energia renovável registrados na ANEEL possa ser implementada²⁴, espera-se que uma parte da tendência delineada no Plano Decenal de Expansão do Setor Elétrico do MME possa ser revertida. Espera-se que essa matriz seja diversificada também pela inclusão de outras formas de biomassa, energia eólica e uma maior penetração das PCH. Espera-se, para os próximos dez anos, que essas fontes representem aproximadamente 5% da oferta nacional²⁵. Além disso, as unidades de co-geração de menor porte e os sistemas renováveis comunitários ou individuais para áreas remotas poderão atender, nesse mesmo horizonte, algo em torno de quinhentos mil domicílios que dificilmente seriam conectados à rede nacional.

1.4.1 Histórico recente das fontes de energia renováveis

No Brasil, a utilização das novas formas de energias renováveis ganhou nova força após a realização da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento - Rio-92. Desde então, de acordo com dados da ANEEL, foram implantados mais de 12 MW²⁶ de sistemas fotovoltaicos e 21,4 MW de sistemas eólicos, que serviram para demonstrar a viabilidade técnica dessas alternativas, quer no caso da energia solar fotovoltaica para atendimento das necessidades energéticas de certos nichos, quer para injeção no sistema elétrico em áreas pródigas em

recursos eólicos, como no caso do litoral do Nordeste. A utilização da energia dos pequenos aproveitamentos hidrelétricos e do bagaço de cana, além de biomassa de outras origens, já tradicionais no país, vem se consolidando e se expandindo a partir da reestruturação do setor elétrico e dos incentivos oferecidos a essas fontes e à co-geração de energia.

Em abril de 1994, o MME e o MCT convocaram um "Encontro para Definição de Diretrizes para o Desenvolvimento de Energias Solar e Eólica no Brasil", onde foi discutida uma série de ações visando identificar mecanismos e propor mudanças de políticas governamentais que favoreçam a disseminação do uso dessas formas de energia. Foi recomendado o estabelecimento de um Foro Permanente (instalado em outubro de 1994) para assegurar a implementação das diretrizes e a criação de Centros de Referência para as diversas tecnologias, que vieram posteriormente a se materializar, como o Centro de Referência em Energia Solar e Eólica - CRESESB, o Centro de Referência em Biomassa - CENBIO e o Centro de Referência em Pequenas Centrais Hidrelétricas - CERPCH, estabelecidos em 1994, 1996 e 1997, respectivamente. O setor privado também se organizou e criou, em novembro de 1994, a Associação Brasileira de Empresas de Energia Renovável e Eficiência Energética - ABEER, formada por representantes de empresas que atuam nesses segmentos no país.

Iniciativas de uso da energia solar fotovoltaica que merecem destaque estão sendo coordenadas por várias concessionárias de energia. A CEMIG implantou um modelo no qual é cobrada uma tarifa para cobrir parte dos custos de atendimento aos domicílios isolados, sendo a outra parte dos investimentos coberta pela obrigatoriedade de alocação de parte de seus lucros em programas sociais. A COPEL vem incorporando os sistemas renováveis solares como uma opção de seu programa de eletrificação rural e a CESP implantou um projeto piloto em que é cobrada uma tarifa pelo serviço prestado a sistemas residenciais solares.

Na área da energia eólica, vários estados iniciaram medições de vento, a exemplo de Minas Gerais, Ceará, Bahia, Paraná e Santa Catarina, e encontram-se em diferentes estágios de negociação para implantação de projetos eólicos conectados à rede. Os projetos mais promissores estão localizados no Ceará e no Paraná. No primeiro, estão implantados 17,4 MW e no segundo 2,5 MW.

No que diz respeito às pequenas centrais hidrelétricas - PCH, o país detém grande conhecimento técnico, capacidade de produção e recursos naturais. De acordo com o CERPCH, o interesse em construir novas usinas aumentou consideravelmente nos últimos anos, com um número crescente de solicitações anuais. Esse crescimento deve-se, primordialmente, à introdução dos incentivos regulatórios, fazendo deslanchar um programa maciço pelo setor privado.

Uma consequência natural da introdução de alguns dos incentivos mencionados acima será a reversão da tendência histórica do desperdício dos resíduos agrícolas e florestais, com a incorporação de tecnologias já desenvolvidas ou em diversos estágios de desenvolvimento para a utilização eficiente da biomassa energética. Os resíduos agrícolas, excetuados os da cana-de-açúcar, representam uma disponibilidade energética da ordem de 37,5 milhões de tep anuais, praticamente não aproveitada, equivalente a 747 mil barris diários de petróleo.

1.4.2 Arcabouço legal e regulatório

A Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, que institui a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, disciplina o regime das concessões de serviços públicos de energia

²⁴ Há a expectativa de que empreendimentos de novas fontes renováveis de energia outorgados entre 1998 e 2002, mas que ainda não iniciaram sua construção, gerem cerca de 6.300 MW. Banco de Informações de Geração da ANEEL

²⁵ O Brasil, em 2002, propôs a "Brazilian Energy Initiative" no âmbito da Cúpula Mundial para o Desenvolvimento Sustentável Rio +10, em Joanesburgo, África do Sul, visando que os países se comprometam a aumentar a participação das novas fontes de energia renovável para 10% de sua oferta interna de energia.

²⁶ Segundo a estimativa do Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos da Universidade de São Paulo.



elétrica e dá outras providências, entre elas a redução não inferior a 50% nos encargos de uso dos sistemas de transmissão e distribuição; a livre comercialização de energia com consumidores de carga igual ou superior a 500 kW; e a isenção do pagamento de compensação financeira pela utilização de recursos hídricos para empreendimentos hidrelétricos de pequeno porte (pequenas centrais hidrelétricas - PCH). Já o Decreto nº 2.003, de 10 de setembro de 1996, define e regulamenta a produção independente e a autoprodução de energia elétrica, modalidades importantes na geração de energia elétrica com fontes alternativas e renováveis.

Em 6 de agosto de 1997, foi sancionada a Lei nº 9.478, que dispõe sobre a política energética nacional e, entre outros aspectos, determina as diretrizes para o uso racional das fontes de energia, incluindo as fontes e as tecnologias alternativas mediante o aproveitamento econômico dos insumos disponíveis (inciso VIII do artigo 1º, da referida lei).

A partir do artigo 175 da Constituição Federal de 1998 — que trata dos serviços públicos federais, estaduais e municipais e define que as concessões e permissões deverão ser objeto de processo licitatório, e de leis ordinárias subseqüentes — o setor elétrico brasileiro iniciou um processo de reestruturação. Tal reestruturação baseia-se essencialmente na introdução de competição nas etapas extremas da cadeia produtiva da energia elétrica (geração, comercialização e o livre acesso naquelas áreas, até então tidas como monopólios naturais), bem como na transmissão e na distribuição, ocasionando assim, maior transparência e oportunidades, inclusive para as fontes renováveis de energia.

Particularmente importantes foram os incentivos criados pela Lei nº 9.648²⁷, de 27 de maio de 1998, às pequenas centrais hidrelétricas, que ficaram isentas do pagamento de "royalties" aos estados e municípios, tiveram redução de pelo menos 50% nas tarifas de transmissão e distribuição, passaram a poder comercializar energia diretamente com qualquer consumidor acima de 500 kW e foram dispensadas de processos de licitação, sendo apenas objeto de autorização pela ANEEL. Após essa lei, passaram a ser advogados benefícios similares para as demais fontes renováveis.

A Resolução nº 112, de 18 de maio de 1999, da ANEEL, estabelece os requisitos necessários à obtenção de registro ou autorização para a implantação, ampliação ou repotenciação de centrais geradoras termelétricas, eólicas, fotovoltaicas e de outras fontes alternativas de energia, destinadas à comercialização da energia sob forma de produção independente, uso exclusivo ou ainda à execução de serviço público. Essa resolução foi estabelecida em virtude da necessidade de atualizar e complementar os procedimentos contidos em normas anteriores, visando facilitar a entrada de novas fontes de geração, simplificando regras e padronizando procedimentos. Entre outras disposições, estabelece a obrigatoriedade de registro para centrais com capacidade de geração de até 5 MW e de autorização (outorga) para centrais com capacidade superior a esse valor.

Em 2 de julho de 1999, o MME, por meio da Portaria nº 227, determinou que a Eletrobrás promovesse uma chamada pública para identificação dos excedentes de energia elétrica provenientes de co-geração, com o objetivo de comercialização no curto prazo. Determinou, ainda, que a mesma Eletrobrás estabelecesse os mecanismos adequados à compra, diretamente ou por meio de suas controladas, dos excedentes de energia elétrica produzidos por co-geradores devidamente autorizados pela ANEEL.

Em 11 de agosto de 1999, a Resolução nº 245 da ANEEL estabeleceu as condições e os prazos para a sub-rogação dos

benefícios do rateio da Conta de Consumo de Combustíveis - CCC aos projetos a serem estabelecidos em sistemas elétricos isolados em substituição à geração termelétrica que utilize derivados de petróleo. A resolução permitiu o uso dos recursos da CCC em substituição total ou parcial, assim como para atendimento a novas cargas devido à expansão do mercado. Foram listados explicitamente: aproveitamentos hidrelétricos de potência superior a 1.000 kW e igual ou inferior a 30.000 kW, caracterizados como pequena central hidrelétrica; e outros empreendimentos de geração de energia elétrica a partir de fontes alternativas que façam uso de recursos naturais renováveis. Foi definido o conceito de Energia de Referência, que será estabelecida pela ANEEL para cada projeto, com base no mercado atendido e na demanda reprimida existente, bem como na disponibilidade de energia de longo prazo do empreendimento. Finalmente, foram definidos os valores mensais dos recursos que poderiam fluir aos beneficiários qualificados e os prazos de utilização desses benefícios.

Em conformidade com as disposições legais pertinentes, principalmente o que estabelece o parágrafo 4º do artigo 11 da Lei nº 9.648, de 1998, e tendo em vista a compatibilidade das pequenas centrais hidrelétricas - PCH e demais fontes e tecnologias alternativas de geração de energia elétrica com as características dos sistemas elétricos isolados, a Resolução nº 245 da ANEEL procura induzir formas de geração de energia elétrica com menor custo e impacto ambiental, de forma a promover o desenvolvimento socioeconômico e a redução das desigualdades regionais²⁸.

A Resolução nº 261, de 3 de setembro de 1999, da ANEEL, regulamentou a obrigatoriedade de aplicação de recursos das concessionárias de energia elétrica em ações de combate ao desperdício de energia elétrica e de pesquisa e desenvolvimento tecnológico do setor elétrico para o biênio 1999-2000, além de estabelecer que, no mínimo, um

²⁷ A Lei nº 9.648, de 27 maio de 1998, alterou várias leis do setor elétrico e, entre outros aspectos, estabeleceu incentivos às fontes alternativas renováveis de energia que substituíssem geração termelétrica a derivado de petróleo em sistema elétrico isolado. Tal lei permite que essas fontes usufruam os benefícios da sistemática de rateio da Conta Consumo de Combustíveis - CCC para geração de energia elétrica em sistemas isolados, conforme estabelecido na Lei nº 8.631, de 4 de março de 1993 (§ 4º do artigo 11). A regulamentação desse dispositivo é feita pela Resolução ANEEL nº 245, de 11 de agosto de 1999.

²⁸ Essa resolução foi alterada pela nova redação dada à Lei nº 9.648 pela Lei nº 10.438/2002, no que se refere à CCC. A Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002, entre outras disposições, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica - Proinfa, a Conta de Desenvolvimento Energético - CDE, dispõe sobre a universalização dos serviços de energia elétrica e altera dispositivos legais que interferem no aproveitamento de fontes alternativas e co-geração de energia, como descrito a seguir: a) estende a empreendimentos, com potência de até 30 MW, de geração eólica, à biomassa e à co-geração qualificada os benefícios da redução (não-inferior a 50%) dos encargos de uso dos sistemas de transmissão e de distribuição; b) estende à energia eólica, à solar e à biomassa os benefícios da comercialização de energia com consumidor ou grupo de consumidores de carga maior ou igual a 500 kW, no sistema elétrico interligado; c) reduz para 50 kW o limite mínimo de carga para comercialização de energia, quando o consumidor ou conjunto de consumidores se situar em sistema elétrico isolado; d) estende por mais 20 anos a sistemática de rateio da CCC nos sistemas isolados, obrigando, porém, o estabelecimento de mecanismos que induzam à eficiência econômica e energética, à valorização do meio ambiente e à utilização de recursos energéticos locais; e) estabeleça novos procedimentos e mecanismos para a alocação dos recursos da Reserva Global de Reversão - RGR, incluindo a destinação de recursos para empreendimentos de geração com fontes alternativas, particularmente de pequeno porte (até 5 MW) para o atendimento de comunidades em sistemas elétricos isolados. O Proinfa tem apresentado uma evolução bastante dinâmica.

décimo da receita operacional anual - RA deverá ser aplicado em projetos de pesquisa e desenvolvimento tecnológico do setor elétrico. A resolução estabeleceu que para apresentação dos programas deverá ser obedecido o Manual para Elaboração do Programa Anual de Pesquisa e Desenvolvimento do Setor Elétrico Brasileiro, que inclui energias renováveis entre as cinco linhas de pesquisa, além de eficiência energética, geração de energia elétrica, meio ambiente e pesquisa estratégica. No entanto, tal resolução, principalmente no que diz respeito à RA, foi profundamente alterada pela Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000, que obriga as empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor elétrico a investirem parcela mínima de 0,75% de sua receita operacional líquida em eficiência energética e pesquisa e desenvolvimento tecnológico (vide item 1.2.2).

A Resolução nº 281, de 1 de outubro de 1999, estabeleceu as condições gerais de contratação do acesso, compreendendo o uso e a conexão, aos sistemas de transmissão e da distribuição de energia elétrica. Em termos de incentivo a fontes alternativas, destaca-se a redução não inferior a 50% nos encargos de uso dos sistemas de transmissão e de distribuição para empreendimentos hidrelétricos de pequeno porte (pequenas centrais hidrelétricas - PCH). Estabelece, ainda, a isenção desse encargo para os empreendimentos que iniciarem a operação até 31 de dezembro de 2003.

A Resolução nº 21, de 20 de janeiro de 2000, estabeleceu os requisitos à qualificação de centrais co-geradoras de energia. Tais requisitos impõem um percentual mínimo de economia de energia com relação à simples utilização do calor, e beneficia tanto as pequenas unidades, de potência inferior a 5 MW, como aquelas superiores a 20 MW. Usinas com combustíveis com mais de 25% de origem fóssil devem apresentar um rendimento na geração de energia elétrica de, pelo menos, 24%, 27% e 31% respectivamente para as faixas de até 5 MW, 5 a 20 MW e mais que 20 MW. Contudo, as usinas com combustíveis renováveis devem apresentar um rendimento na geração de energia elétrica de, pelo menos, 14%, 17% e 21% respectivamente para as mesmas faixas, ou seja, 10% a menos que no caso de combustíveis fósseis. Esse mecanismo regulatório foi estabelecido com base nas políticas de incentivo ao uso racional dos recursos energéticos, visto que a co-geração de energia contribui com a racionalidade energética, uma vez que possibilita um melhor aproveitamento dos combustíveis, quando comparada à geração individual de calor e de energia elétrica.

A definição dos valores normativos - VN encontra-se na Resolução ANEEL nº 266, de 13 de agosto de 1998, que estabeleceu as fórmulas para o cálculo do custo da energia comprada a ser considerado nos reajustes tarifários das distribuidoras. Essas fórmulas contêm faixas percentuais que limitam progressivamente o repasse do preço da energia comprada para as tarifas pagas pelos consumidores finais. Numa faixa de até 5% em torno dos VN, o repasse será integral. Fora dessa faixa, os lucros ou prejuízos decorrentes dos valores da energia contratada passam a ser aceleradamente assumidos pela distribuidora. Medida da ANEEL, de julho de 1999, que estabelece os valores normativos em R\$/MWh²⁹, entre outros benefícios, permite a viabilização de novos investimentos na expansão da oferta de energia (geração), com estímulo para as pequenas centrais hidrelétricas, fontes alternativas e co-geração. De acordo com o texto da resolução, os valores normativos estabelecidos pela ANEEL são diferenciados por tipo de fonte energética e se baseiam nos custos dos novos empreendimentos de geração, nos contratos bilaterais de compra de energia elétrica e nas diretrizes da Política Energética Nacional. A cada contrato de compra de energia elétrica é associado o VN vigente à época da contratação, bem como a respectiva fórmula de reajuste. Esses parâmetros permanecerão constantes para o respectivo contrato durante toda sua vigência. A critério da ANEEL, os

VN poderão ser revistos anualmente ou na ocorrência de mudanças estruturais relevantes na cadeia de produção de energia elétrica, deixando de existir quando as condições de mercado assim exigirem. Portanto, o caráter transitório dos VN está diretamente relacionado à data de contratação e às condições de mercado. A definição do valor normativo não terá qualquer impacto nas atuais tarifas de energia elétrica autorizadas pela ANEEL para as concessionárias. O consumidor final, com a competição no setor elétrico, será o maior beneficiado nesse processo.

1.4.3 Uso Moderno da Biomassa e Co-Geração

Define-se co-geração de energia como o processo de produção combinada de calor útil e energia mecânica, geralmente convertida total ou parcialmente em energia elétrica, a partir da energia química disponibilizada por um ou mais combustíveis.

O uso de biomassa na geração de energia é uma alternativa bastante eficiente. Um dos aspectos positivos da utilização da biomassa para gerar eletricidade é que essa não contribui para o aquecimento global, uma vez que o carbono emitido na forma de CO₂ é absorvido da atmosfera durante o processo de crescimento da planta (fotossíntese).

Estima-se que uma grande quantidade de energia pode ser obtida pela plantação de florestas, cana-de-açúcar e outras fontes de biomassa. Muitos estudos têm mostrado que a energia gerada pela gaseificação da biomassa pode ser favoravelmente comparada àquela gerada pelos recursos hídricos no Brasil, em termos de custos e potencial energético. Além disso, a energia gerada pela biomassa pode também contribuir para a descentralização da produção de eletricidade.

Segundo o Banco de Informações de Geração da ANEEL (www.aneel.gov.br), existem 30 usinas de co-geração (eletroprodutores e produtores independentes) em operação no Brasil, com potência instalada de 414 MW, sendo que 62% da capacidade instalada está localizada no estado de São Paulo.

O bagaço de cana e a lixívia estão entre as fontes de energia mais importantes nos setores sucroalcooleiro e de papel e celulose, respectivamente, além de diversos tipos de sistemas híbridos com combustíveis fósseis. O Plano Decenal de Expansão 2000-2009 estima o potencial técnico de co-geração nesses dois setores em 5.750 MW, com um potencial de mercado de pouco mais de 2.800 MW, em 2009. No setor sucroalcooleiro, a potência atualmente instalada é em torno de 1.150 MW, de acordo com o Banco de Informações de Geração da ANEEL. Já no setor de papel e celulose, existem 718 MW em operação, sendo que outros 930 MW poderiam ser obtidos no setor.

Alguns esforços esparsos procuram reduzir o consumo de óleo diesel nos sistemas isolados na Amazônia. Um deles é realizado pela Fundação de Apoio Institucional Rio Solimões - Unisol, entidade ligada à Universidade Federal do Amazonas, em convênio com a ANEEL, para ensinar

²⁹ Tipo de Fonte Energética - Valor Normativo (R\$/MWh), atualizado pela Resolução ANEEL nº 488, de 29 de agosto de 2002: competitiva 72,35; para termelétrica carvão 74,86; para pequena central hidrelétrica - PCH 79,29; para termelétrica biomassa e resíduo 89,86; para usina eólica 112,21; para usina solar fotovoltaica 264,12. Essa resolução estabelece ainda os Valores Normativos para Central Termelétrica a Gás Natural. Para maiores informações vide <http://www.aneel.gov.br> (1 US\$ = R\$ 2,3758).



comunidades isoladas da Amazônia Legal a aproveitar a energia solar e o óleo vegetal. O projeto prevê o desenvolvimento de um sistema de geração de 115 kW, à base de óleo vegetal, que beneficiará 2.500 pessoas na Reserva Extrativista do Médio Juruá, em Carauari - AM. As oleaginosas nativas da Amazônia (andioba, murumuru e buriti, entre outras) são um substituto natural do óleo diesel. A ANEEL escolheu as reservas de Rio Preto e Médio Juruá para a implementação dos projetos, pois são áreas preservadas e monitoradas pelo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, reunindo as populações em cooperativas de extrativismo, favorecendo a implementação do convênio.

Em 1996, no Rio Grande do Sul, foi implantada a primeira usina termelétrica usando cascas de arroz como combustível. Com potência instalada de 2 MW, custou cerca de R\$ 2 milhões. A energia gerada é suficiente para o consumo de três mil famílias. A produção abastece toda a demanda da indústria, que beneficia mensalmente 300 mil sacas de arroz em casca. A energia excedente é negociada com a concessionária operadora da região. A indústria afirma que a casca de arroz disponível no estado é suficiente para implantar 600 termelétricas do porte da existente em São Gabriel, totalizando 1.200 MW.

A Companhia Geral de Distribuição Elétrica - CGDE, anunciou um investimento de US\$ 64,5 milhões na construção de 13 centrais de co-geração. As unidades totalizam uma potência instalada de cerca de 110 MW, cerca de 8% da atual potência instalada no estado do Rio Grande do Sul. Para a gestão do projeto será constituída uma empresa entre a CGDE (80%), a Companhia Estadual de Energia Elétrica - CEEE (10%) e a sociedade de engenharia Koblitz (10%). Os projetos serão submetidos ao *European Community Investment Partners*, programa da União Européia para a eficiência energética nos países da América Latina. As três primeiras unidades são em Dom Pedrito (6 MW), Capão do Leão (6 MW) e Piratini (10 MW). Nas duas primeiras, o combustível utilizado será a casca de arroz; em Piratini, será resíduo de madeira. Os próximos municípios a abrigar usinas serão Pelotas, Camaquã e Mostardas.

Em meados de 1999, a ANEEL autorizou a Prefeitura de São Paulo a instalar uma usina termelétrica de 26,3 MW no bairro de Sapopemba, na zona leste da Capital, para gerar energia usando o lixo como combustível (vide item 1.4.4.6). A usina será implantada pela Companhia de Incineração e Energia Elétrica - CIEL, constituída com esse objetivo. Toda a energia produzida deverá ser consumida exclusivamente pela Prefeitura e o eventual excedente poderá ser empregado em iluminação pública.

Microturbinas a gás para a geração de energia elétrica em sistemas isolados serão objeto de um projeto de pesquisa, em convênio assinado em fevereiro de 2000 entre a Escola Federal de Engenharia de Itajubá - EFEI - MG e a CEMIG. Serão testadas diferentes microturbinas de até 45 kW, utilizando o álcool e a biomassa gaseificada como combustível, além do gás natural, merecendo ainda menção o óleo de dendê, um dos combustíveis vegetais de maior produtividade por área plantada.

1.4.3.1 Gaseificação da Madeira

O projeto "*Brazilian Wood BIG-GT Demonstration Project/Sistema Integrado de Gaseificação de Madeira e Produção de Eletricidade - WBP/SIGAME*" visa demonstrar a viabilidade comercial da geração de eletricidade a partir da madeira (biomassa florestal), por meio da utilização da tecnologia de gaseificação integrada a uma turbina a gás operando em ciclo combinado (tecnologia BIG-GT, *Biomass Integrated Gasification - Gas Turbine*). Esse projeto é resultado da soma de interesses de um grupo de empresas e de órgãos do governo brasileiro no desenvolvimento dessa

tecnologia, com os objetivos de preservação ambiental do Fundo Global para o Meio Ambiente (*Global Environmental Facility*) - GEF, das Nações Unidas. O objetivo desse projeto é estabelecer um protótipo replicável em escala comercial de geração de eletricidade, baseado na gaseificação de cavacos de madeira, deixando de ser produzidas, assim, as emissões de CO₂ pela utilização de geração térmica convencional a combustíveis fósseis.

1.4.3.2 Bagaço da cana-de-açúcar

No Brasil, devido à grande produção de cana-de-açúcar e às experiências relativas ao uso de etanol, vêm sendo desenvolvidos estudos de viabilidade técnica e econômica para uma utilização mais expressiva do bagaço e da palha da cana em projetos de geração de energia (vide item 1.1.4).

As usinas necessitam de pouca energia elétrica e mecânica, nos seus processos, com relação à térmica. Além disso, até recentemente, a legislação praticamente impossibilitava a venda de excedentes de energia. Por esses motivos, os sistemas de co-geração atuais convertem apenas cerca de 4%³⁰ da energia do bagaço para energia elétrica e mecânica, usando a maior parte do restante como energia térmica. Essa situação está mudando, em função da possibilidade de se vender excedentes de energia.

Análises de sistemas convencionais (vapor) de geração de energia nas usinas e destilarias brasileiras indicam a possibilidade de aumentar os atuais níveis de conversão de 4% para 16% ou mais, incluindo a possibilidade de co-geração durante todo o ano utilizando os resíduos (folhas e pontas). A tecnologia de gaseificação/turbina a gás - BIG-GT, ainda em desenvolvimento, poderia elevar os níveis de conversão de bagaço para eletricidade para valores acima de 27%. Além do mais, o potencial de geração de energia poderia tornar-se uma fração substancial do faturamento total das destilarias brasileiras. Uma avaliação do potencial de co-geração a bagaço de cana é apresentada na Tabela 1.4.1.

³⁰ Considerando 28 kWh/t cana de geração de eletricidade (sendo 12 kWh/t cana para energia elétrica e 16 kWh/t cana para energia mecânica) e 644 kWh/t cana (energia térmica) da utilização de 90% do bagaço de cana (280 kg. de bagaço/t cana).

Tabela 1.4.1 - Co-geração em usinas: convencional e com gaseificação

Cenários	Consumo no processo		Energia Excedente 80% - Brasil ^(e)	Potência Efetiva - Brasil	
	(kg. de vapor / t. cana)			Safrá ^(d)	Anual ^(d)
	500	340			
	Energia		(TWh)	(GW)	
	(kWh/t.cana)				
Co-geração, vapor (100% do bagaço) ^(a)	57	69	13,6 – 16,6	3,1 – 3,8	
Co-geração, vapor (Bagaço + 25% palha) ^(a,b)	88	100	21,1 – 24,0		2,4 – 2,7
Co-geração, vapor (Bagaço + 40% palha) ^(a,b)	115	126	27,6 – 30,2		3,1 – 3,4
BIG-GT (parcial) (Bagaço + 40% palha) ^(a,c)		167	40,0		4,6

Fonte: Macedo, 2001.

(a) Co-geração convencional: ciclos a vapor, condensação-extração, 80 bar; usando todo o bagaço e em alguns casos complementando com palha. Gaseificação: ciclos envolvendo gaseificação do bagaço e uso de turbinas a gás; tecnologia ainda não disponível comercialmente.

(b) Palha: ainda não disponível; valores crescentes nos próximos anos.

(c) BIG-GT parcial: parte do bagaço ainda é queimada em caldeiras, não gasificada. Sistemas com gaseificação total poderiam ter maior eficiência.

(d) Operação somente na safra (4.400 h/ano) e anual (8.760 h/ano).

(e) 80%: considera-se que 20% do potencial não será utilizado, por vários motivos.

(f) Energia térmica, hoje ~500 kg vapor/t cana (~330 kWh/t. Cana).

- Referência: 100% da cana é queimada antes da colheita; 10t (MS)/ha colhido de palha; auto-suficiência em energia.
- Futuro: 55% da cana sem queimar, recuperação de 100% ou 50% da palha referente a essa cana sem queimar, dependendo da rota de colheita.

O Centro de Tecnologia Copersucar - CTC iniciou, em julho de 1997, a execução de um projeto, coordenado pelo MCT, visando o desenvolvimento de tecnologia em todo o ciclo de produção de energia elétrica com sistemas avançados de conversão (gaseificação/turbinas a gás), a partir da biomassa da cana-de-açúcar.

O Projeto BRA/96/G31 teve uma programação extensiva, que pretendeu avaliar todas as etapas do processo, desde a colheita da cana até a energia produzida, procurando aumentar a eficiência de tal tecnologia. Sua programação consistiu em avaliar a disponibilidade, qualidade e custo da palha da cana para uso em sistemas de gaseificação; avaliar/desenvolver rotas agrônomicas para colheita de cana sem queimar; testar o processo de gaseificação atmosférica com bagaço e palha; integrar o processo BIG-GT com usina típica; e identificar e avaliar os impactos ambientais.

As avaliações referentes aos impactos do sistema BIG-GT na atmosfera foram concluídas em março de 1998 e indicam uma quantidade adicional da biomassa disponível para energia, maiores eficiências de conversão e a diminuição das emissões com a redução na queima da cana.

O Projeto BRA/96/G31 demonstrou um significativo potencial de impacto³¹, uma vez que o excedente da geração elétrica em usinas de açúcar/álcool pode ser aumentado em 5 vezes com o BIG-GT e os resíduos podem ser usados como combustível suplementar ao bagaço. A tecnologia pode ser replicada rapidamente e amplamente, considerando o tamanho da indústria de cana-de-açúcar no país e no mundo.

A análise considerou como base a colheita de cana queimada (cenário de referência) e estipulou um cenário futuro, dependendo da rota da colheita (3 hipóteses / rotas) (Tabela 1.4.2):

Tabela 1.4.2 - Diferenças na emissão de CO₂ entre a situação futura e de referência

Rotas	Diesel usado na agricultura	Substituição de combustível fóssil	Diferença na emissão total	Brasil: 300 x 10 ⁶ t. cana/ano
	(kg CO ₂ / t. cana)			(10 ⁶ t. CO ₂ / ano)
Rota 1 *	+2,1	- 139	-137	-41,1
Rota 2 **	+7,3	-139	-132	-39,6
Rota 3 ***	+2,3	-87,5	-85	-25,5

* cana inteira com palha, 100% transportada à usina;

** cana picada (extrator desligado), 100% da palha transportada à usina;

*** cana picada (extrator ligado), enfardamento, 50% da palha transportada à usina.

Na última coluna da Tabela 1.4.2, verifica-se a redução hipotética de emissões de CO₂ que poderia ser atingida no Brasil com a tecnologia BIG-GT implantada, de acordo com os cenários adotados.

Os cenários consideraram as reduções de emissões de metano e outros gases com a redução da queima da cana. Fatores de emissão para a queima de palha foram medidos em túnel de vento especificamente para a cana-de-açúcar³² e os resultados diferem dos valores médios gerais para a queima de resíduos indicados pelo IPCC (IPCC, 1997) (que são cerca de 4 a 5 vezes maiores). Valores do IPCC foram utilizados para estimar a redução de emissão de CH₄, CO e NO_x com colheita parcial (55%) da cana sem queima.

³¹ O projeto foi avaliado em maio de 2002 e havia, então, concluído 97% das atividades previstas.

³² Há um único estudo completo, realizado com metodologia adequada, em túnel de vento (Jenkins, 1994). O IPCC recomenda usar valores "gerais" para as emissões da queima de resíduos agrícolas quando não houver dados específicos. Esses valores são mais elevados que os medidos para cana conforme o estudo mencionado.



Tabela 1.4.3 - Redução na emissão de CH₄, CO e NO_x com colheita de 55% da cana sem queimar

Gases	Diferença entre a situação de referência e futura	Fatores de emissão		Impacto na emissão	Impacto na emissão Brasil: 300 x 10 ⁶ t. cana/ano
	(t. palha queimada / t. de cana)	(kg gás/ t. palha queimada)	(kg gás/t. cana)	(kg gás/ano)	(t. gás/ano)
CH ₄	0,056 - 0,125 = -0,069	IPCC:	2,83	-0,195	-58.500
		Túnel:	0,41	-0,028	-8.500
CO	0,056 - 0,125 = -0,069	IPCC:	59,5	-4,10	-1.230.000
		Túnel:	25,48	-1,76	-527.000
NO _x	0,056 - 0,125 = -0,069	IPCC:	4,37	-0,301	-90.000
		Túnel:	1,40	-0,097	-29.000

Fonte: Macedo, 1997 (tabela atualizada pelo autor em 2002).

1.4.4 Outras Novas Fontes de Energia Renováveis

1.4.4.1 Pequenas centrais hidrelétricas

De acordo com o Banco de Informações de Geração da ANEEL, há 205 PCH em operação no país, totalizando 865,6 MW, 40 empreendimentos em construção (504,9 MW) e 82 projetos outorgados (construção não iniciada), que, se implantados, adicionarão ao sistema elétrico mais 1.323 MW³³.

Medidas vêm sendo tomadas para atrair a participação privada para as hidrelétricas, com medidas regulatórias para agilização do processo e uma nova política de financiamento já implementada, com o BNDES passando a financiar até 80% dos custos. Há estimativas de que o potencial hidráulico remanescente possível de ser explorado por meio das PCH seja da ordem 7 mil MW.

1.4.4.2 Energia solar fotovoltaica

A estimativa do Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos da Universidade de São Paulo - LSF/USP é de que existam 12MWp³⁴ instalados em sistemas fotovoltaicos no Brasil, distribuídos entre sistemas comunitários, com preponderância dos sistemas fornecidos pelo Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios - Prodeem, e sistemas residenciais comercializados diretamente pelos distribuidores, quer em vendas diretas ou financiados com as linhas de crédito existentes.

O Prodeem (*vide* item 1.5) tem um mercado potencial a ser atendido de cerca de 100 mil comunidades não assistidas no país. De sua criação em 1994 até 1999, o programa havia atendido cumulativamente 4.000 comunidades, beneficiando mais de 800.000 pessoas.

Outra fonte de financiamento que pode ser utilizada em projetos de energia solar fotovoltaica é o programa Luz no Campo, que pretende aumentar de 57% para 67,5% a cobertura em eletrificação rural no país. A meta do governo era garantir luz para um milhão de novas propriedades e domicílios rurais.

Na segunda metade da década de 1990, começaram a surgir as primeiras experiências relacionadas com a conexão de sistemas fotovoltaicos à rede convencional de distribuição de eletricidade, firmando, também para o Brasil, uma tendência mundial de aumento da importância dessa aplicação da tecnologia³⁵.

A contribuição da geração fotovoltaica à matriz energética do país, considerando os 12 MWp instalados e um fator de

capacidade para sistemas fotovoltaicos isolados da ordem de 12% anual (produção anual de 1.050 kWh/kWp) atinge a cifra de 12,6 GWh/ano. Deve-se mencionar que os sistemas conectados à rede operam com fator de capacidade superior aos observados em sistemas isolados. No Brasil, pode-se obter para esses sistemas fatores de capacidade entre 15 e 19% (produtividade anual entre 1.300 e 1.700 kWh/kWp).

1.4.4.3 Energia termo-solar

A tecnologia termo-solar desponta como uma das soluções potencialmente mais interessantes para o Brasil, por ser oriunda de fonte abundante, renovável e limpa.

Foi submetido ao GEF o projeto Gerahélio que busca definir a tecnologia solar mais apropriada e o tamanho de uma planta pré-comercial baseada em concentradores solares (ordem de 30 MW). O projeto foi aprovado pelo GEF que colocou à disposição os recursos, de cerca de US\$ 330 mil, para o seu desenvolvimento.

Esse projeto está sendo desenvolvido por meio da cooperação de diversas empresas brasileiras, entre as quais Eletrobrás, Petrobras, Chesf, Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba - CODEVASF, sob a égide do Ministério de Minas e Energia - MME. O projeto conta com a gerência técnica do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL, em parceria com a Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável - FBDS, que vem se dedicando ao assunto desde 1994. O local mais provável de instalação da planta pré-comercial situa-se em região do semi-árido nordestino, no estado da Bahia.

Com relação à utilização da energia solar para o aquecimento de água de uso doméstico (em habitações individuais e em edifícios) e comercial (principalmente na hotelaria), deve ser mantido o crescimento médio anual não inferior aos 30% verificado nos últimos anos.

1.4.4.4 Energia Eólica

O Brasil tem 22 MW³⁶ de potência eólica instalada, um valor bastante modesto se comparado com o potencial estimado. O recente Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, elaborado pelo CEPEL, com financiamento do Ministério de Minas e Energia e Eletrobrás, mostra um enorme potencial natural, da ordem

³³ Dados de 2002.

³⁴ Dados de 2002.

³⁵ Até o final de 2001 já se contabilizava 20 kW em sistemas conectados à rede elétrica.

³⁶ Dados de 2002, considerando os parques eólicos de Mucuripe-CE, com 2,4 MW de potência instalada e Bom Jardim da Serra - SC, com mais 0,6 MW de potência instalada.

de 143 GW, que pode se tornar uma alternativa importante para a diversificação do *mix* de geração de eletricidade no país. Embora nem todo esse potencial possa ser economicamente explorado, ainda existe um grande espaço de crescimento para o uso da energia eólica no Brasil³⁷.

Boas oportunidades para o país estão na integração ao sistema interligado de grandes blocos de geração no litoral das regiões Norte e Nordeste. Os regimes de vento mapeados por diversas instituições nessas regiões mostram uma situação de complementaridade com o regime hídrico, com ventos mais intensos no período hidrológico mais desfavorável e uma característica de composição da geração de ponta do sistema, uma vez que os ventos são, para toda as estações, mais intensos nesse período. Os desenvolvimentos mais importantes esperados em energia eólica no Brasil estão centrados nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Paraná.

A dinâmica da tecnologia de produção de energia eólica no Brasil distribui-se em ações de universidades, centros de pesquisas e concessionárias, com uma produção científica e tecnológica que somente ganhou destaque a partir do final da década de 1970 e ao longo da década de 1980. As atividades intensificaram-se no final da década de 1990, procurando responder ao estágio de maior maturidade atingido pelas tecnologias de aproveitamento da energia eólica.

Em 1996, foi instalada no Brasil a primeira fábrica de aerogeradores. A empresa foi instalada para produzir aerogeradores de grande porte e seus componentes, para exportação e atendimento do mercado interno³⁸.

Certamente, a possibilidade de incentivos e de facilidades, como a garantia de compra por parte de concessionárias e o financiamento por meio do BNDES e da Eletrobrás com a Reserva Global de Reversão - RGR³⁹, permitirão grande desenvolvimento dessa fonte de energia.

1.4.4.5 Geração de eletricidade a partir de óleos vegetais

O fornecimento de energia elétrica às comunidades isoladas é um importante desafio a ser enfrentado pela sociedade brasileira. A eletrificação de pequenas comunidades isoladas depara, no entanto, com grandes obstáculos representados pelos altos custos das linhas de transmissão, de transporte de óleo diesel e pelo baixo poder aquisitivo de integrantes dessas comunidades.

Para a região Norte do país, onde cerca de apenas 2,6% das propriedades rurais são atendidas com energia elétrica (KALTNER, 1998) devido fundamentalmente à dispersão de pequenas comunidades localizadas longe dos centros geradores de energia elétrica e onde as linhas convencionais de transmissão de energia elétrica são inviáveis economicamente a geração de eletricidade a partir de óleos vegetais aparece como uma alternativa local, viável e sustentável em termos socioeconômicos e ambientais. Sobretudo, essa região dispõe de uma enorme diversidade de plantas oleaginosas nativas e de condições edafoclimáticas favoráveis para o cultivo de espécies exóticas altamente produtivas em óleos, possibilitando assim o emprego de mão-de-obra local, a dinamização das atividades econômicas e a melhoria das condições de habitação, saúde e educação. Assim, esforços isolados vêm sendo desenvolvidos por empresas e instituições brasileiras em direção ao uso energético dos óleos vegetais; mas, recentemente, um programa nacional de biocombustíveis está procurando aglutinar essas iniciativas.

Programa Brasileiro de Biocombustíveis - Probiodiesel

São chamados de biodiesel os combustíveis obtidos a partir de misturas, em diferentes proporções, de diesel e éster de óleos vegetais.

Em 1983, o governo brasileiro, motivado pela elevação dos preços de petróleo, determinou a implementação de um projeto (Programa Nacional de Energia de Óleos Vegetais - Projeto OVEG) no qual foi testada a utilização de biodiesel e de misturas combustíveis em veículos que rodaram mais de um milhão de quilômetros. Essa iniciativa, coordenada pela Secretaria de Tecnologia Industrial do MIC, contou com a participação da indústria automobilística, fabricantes de autopeças, produtores de lubrificantes e combustíveis, indústrias de óleos vegetais e institutos de pesquisa.

Foi constatada a viabilidade técnica da utilização do combustível, aproveitando a logística de distribuição existente. Entretanto, naquele momento, os custos do biodiesel eram muito mais elevados do que o diesel, e, dessa forma, não foi implementada a produção do biodiesel em escala comercial.

No período de janeiro a março de 1998, sob a coordenação do Instituto de Tecnologia do Paraná - TECPAR, realizou-se em Curitiba uma experiência de campo do uso monitorado de biodiesel B20 - USA, mistura de 20% de éster de soja ao diesel metropolitano do Paraná, para uma frota de vinte ônibus urbanos que operaram normalmente com o novo combustível.

Posteriormente, o Probioamazon, programa gerenciado pelo Ministério de Desenvolvimento Agrário - MDA e Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT, foi implementado com perspectiva de produzir de cerca de 500 mil toneladas/ano de dendê na região Norte, a partir da produção em assentamentos do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA.

O biodiesel surge como uma alternativa de diminuição da dependência dos derivados de petróleo e estabelece um novo mercado para as oleaginosas. Isso também acarretaria na redução da dependência atual de importação de óleo diesel, da ordem de 6 milhões de metros cúbicos por ano, desonerando a balança de pagamentos e criando riqueza no interior.

Em 2000, a produção anual de veículos diesel no Brasil superou a barreira dos 100.000 veículos⁴⁰. O óleo diesel é atualmente o derivado de petróleo mais consumido no Brasil. Considerando o perfil de produção nas refinarias brasileiras, uma fração crescente desse produto vem sendo importada, como mostra a Figura 1.4.

³⁷A Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica - GCE, por meio da Resolução nº 24, de 05 de julho de 2001, criou o Programa Emergencial de Energia Eólica - Proeólica, com o objetivo de viabilizar a implantação de 1.050 MW, até dezembro de 2003, de geração de energia elétrica a partir de fonte eólica, integrada ao sistema elétrico interligado nacional. O Programa de Incentivo a Fontes Alternativas de Energia Elétrica - Proinfa, conforme a Lei nº 10.438, de abril de 2002, em seu artigo 3º, estabelece a meta de instalação de 1.100 MW de potência eólica até 2006, garantindo a compra, pela Eletrobrás, da energia produzida em 15 anos pelos parques eólicos instalados no âmbito do programa.

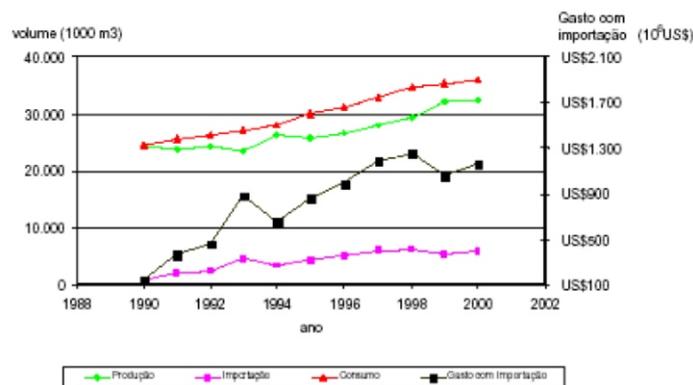
³⁸ Em fevereiro de 2002, a Wobben inaugurou sua filial no Estado do Ceará, no Complexo Industrial Portuário de Pecém. A capacidade de produção das unidades de Sorocaba e Pecém está prevista para atingir 600 MW ano a partir de 2003.

³⁹ Vide Lei nº 10.438, de abril de 2002. Vide nota de rodapé 28.

⁴⁰ Fundamentalmente, foram produzidos caminhões, comerciais leves e ônibus que, junto com os equipamentos agrícolas e de geração termelétrica em sistemas isolados, responderam pela demanda de aproximadamente 37 milhões de m³ de diesel em 2001.



Figura 1.4 - Evolução da produção, demanda, importação e gasto com importação de óleo diesel



Fonte: MME, 2001.

A mistura do éster vegetal ao óleo diesel em diferentes proporções (ou a utilização pura do éster) permitirá uma redução do consumo do derivado de petróleo com perspectivas de redução da emissão de poluentes pelos sistemas de transporte urbano. O resultado é imediato no nível de poluição das cidades, melhorando a qualidade de vida de seus habitantes.

O MCT e a Petrobras, por intermédio do Plano Nacional de Ciência e Tecnologia do Setor Petrolífero e Gás Natural - CTPetro, apoiam projeto com a participação das Universidades Federal do Rio Grande do Sul, Federal de Pelotas e a Regional do Alto Uruguai, com a finalidade básica de adequar e implantar os métodos de análise físico-química, como propostos pela *American Society for Testing Materials* (Sociedade Americana para Ensaio de Materiais) - ASTM, para o biodiesel nacional; e, também, avaliar as propriedades das misturas de biodiesel ao diesel em diferentes proporções.

O Programa Brasileiro de Biocombustíveis - Probiodiesel desenvolverá a tecnologia de produção e uso do biodiesel, éster etílico e metílico. Na primeira fase, até 2003, serão testados éster etílico de soja e etanol, bem como éster metílico de soja. Na fase II, até 2005, serão desenvolvidas as cadeias produtivas do biodiesel produzido a partir de outros óleos vegetais e/ou óleos residuais. O potencial de algumas oleaginosas, encontradas no Brasil, pode ser observado na Tabela 1.4.4.

Tabela 1.4.4 - Características de alguns vegetais oleaginosos de potencial uso energético

Espécie	Origem do óleo	Conteúdo de óleo	Ciclo para máxima eficiência	Meses de colheita	Rendimento em óleo
		(%)			(t/ha)
Dendê (<i>Elacis guineensis</i>)	Amêndoa	20	8 anos	12	3,0-6,0
Abacate (<i>Persia americana</i>)	Fruto	7-35	7 anos	12	1,3-5,0
Coco (<i>Cocos numifera</i>)	Fruto	55-60	7 anos	12	1,3-1,9
Babaçu (<i>Orbinya martiana</i>)	Amêndoa	66	7 anos	12	0,1-0,3
Girassol (<i>Helianthus annus</i>)	Grão	38-48	Anual	3	0,5-1,9
Colza - Canola (<i>Brassica campestris</i>)	Grão	40-48	Anual	3	0,5-0,9
Rícino (<i>Ricinus comunis</i>)	Grão	43-45	Anual	3	0,5-0,9
Amendoim (<i>Orachis hypogeeae</i>)	Grão	40-43	Anual	3	0,6-0,8
Soja (<i>Glycine max</i>)	Grão	17	Anual	3	0,2-0,4
Algodão (<i>Gossypium hirsut</i>)	Grão	15	Anual	3	0,1-0,2

Fonte: Nogueira, 2000.

O Probiodiesel tem como objetivos desenvolver as tecnologias de produção e o mercado de consumo de biocombustíveis; estabelecer uma rede nacional de biodiesel para congregar e harmonizar as ações de especialistas e entidades responsáveis pelo desenvolvimento desse setor da economia; desenvolver e homologar as especificações do novo combustível para o Brasil; e atestar a viabilidade e competitividade técnica, econômica, social e ambiental, a partir da investigação em testes de laboratório, bancada e campo.

A principal estratégia é a de desenvolver o biocombustível (éster metílico ou éster etílico) a partir da produção de oleaginosas (dendê, mamona, babaçu e soja) ou etanol nacional, gerando emprego e renda nas diferentes regiões do país. Ademais, pretende-se assegurar maior autonomia no suprimento de combustíveis líquidos, contribuir para melhorar a inserção internacional do Brasil nas questões ambientais globais, estabelecer vanguarda no desenvolvimento de mercados novos para produtos potenciais subaproveitados (agricultura), criar mercados alternativos de expressão para *commodities* brasileiras (petróleo/gás, complexo soja, setor sucroalcooleiro) e subprodutos (glicerina) com excesso de ofertas no mercado externo, bem como desenvolver tecnologias nacionais para produção de combustíveis.

O desenvolvimento do Probiodiesel permitirá desenvolver a competitividade técnica e econômica do biodiesel, potencializando ganhos ambientais e gerando novos negócios para agroindústria, montadoras e setores de autopeças.

O Brasil, considerando a oportunidade de se utilizar outros óleos vegetais típicos das diferentes regiões do país, poderá tornar-se gradualmente um importante produtor e consumidor de biodiesel sendo, ainda, o segundo produtor e exportador mundial de óleo de soja.

1.4.4.6 Biogás em aterros sanitários

Aterros sanitários são unidades de disposição final de lixo urbano, constituídos principalmente por lixo doméstico. Este, por sua vez, contém cerca de 50% em peso de matéria orgânica úmida, que são, em princípio, restos de alimentos e de preparação de alimentos, portanto, resíduos de decomposição biológica relativamente rápida. Entre os outros 50%, chamados de lixo seco, encontram-se, além de metais, vidros e plásticos (lixo não biodegradável), papéis, papelões, madeiras e trapos, que são produtos orgânicos constituídos basicamente por celulose, portanto, sujeitos a degradação muito lenta. Essa composição, confinada em ambiente fechado, inicia um processo de decomposição aeróbia — enquanto existir oxigênio do ar nos vazios do lixo disposto (tanto menor quanto maior for a compactação do resíduo no aterro) — passando sucessivamente por estágios dominados por bactérias e fungos facultativos e anaeróbios. O metano aparece poucos dias ou semanas depois da disposição do lixo no aterro, assim que o oxigênio tenha sido consumido.

No setor de biomassa, começa a se tornar realidade o aproveitamento de energia termelétrica gerada a partir do biogás, particularmente do metano gerado em aterros sanitários e em digestores de lodos de estações de tratamento de esgotos

urbanos; existe também um potencial ainda não quantificado de biogás nos lodos de processos agroindustriais.

Houve um início de aplicação de tecnologia, em 1979, nos aterros sanitários, como decorrência das crises dos choques de petróleo; em São Paulo, foram projetados inicialmente os aterros sanitários energéticos de Bandeirantes e Sapopemba. A principal inovação, que se incorporou na técnica de operação de aterros, foi a execução de drenos horizontais convergentes para os poços de drenagem, com a dupla função de drenar chorume para os drenos de fundo e gases para captação na superfície superior dos aterros. Esses drenos horizontais são implantados na superfície de cada nova camada de lixo de cerca de cinco metros de espessura, não sendo raros os aterros com dez até vinte camadas, reunindo de quinze a trinta milhões de toneladas de lixo.

O processo anaeróbico que ocorre nos digestores de lodo das estações de tratamento de esgotos urbanos gera o mesmo biogás dos aterros sanitários e seu aproveitamento energético utiliza os mesmos princípios tecnológicos e os mesmos equipamentos dos aproveitamentos energéticos de aterros. A captação do gás é, porém, mais simples, pois sua geração ocorre em ambientes confinados, diferentemente dos aterros, que envolve uma operação de sucção do interior dos aterros com maiores graus de complexidade técnica. A desvantagem desse aproveitamento é a ainda baixa porcentagem de esgotos tratados no país.

Ainda está para ser avaliado o potencial de geração de biogás dos resíduos agroindustriais, como o bagaço de cevada da fabricação de cerveja ou as muitas formas de lodos orgânicos. As indústrias não precisam necessariamente investir na construção de digestores, mas simplesmente bombeá-los ou transportá-los para unidades ociosas de digestão de esgotos ou podem formar um "pool" de indústrias para extração da fração energética de seus lodos antes da disposição final dos lodos digeridos, que pode ser a alimentação de animais, como ocorre com o resíduo não digerido da cevada de cervejarias. Os lodos orgânicos podem também ser processados em secadores, resultando em pó peletizado, adequado para queima em maçaricos de caldeiras para geração de vapor ou termelétricidade.

Como tecnologia de ponta, o mercado está oferecendo a destruição térmica por meio de plasma, a altíssimas temperaturas, com alta eficiência de tratamento de lodos e resíduos (inclusive os não biodegradáveis) e alto rendimento energético.

Empresas industriais e de saneamento estão também tentando viabilizar o aproveitamento da enorme quantidade de lodo gerado em suas estações de tratamento de efluentes e esgotos para a geração de energia. Estudos iniciais mostram a sustentabilidade desse aproveitamento e sua atratividade ambiental e econômica.

1.5 Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios - PRODEEM

Instituído em dezembro de 1994, por decreto presidencial, o Programa Nacional de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios - Prodeem, do Governo Federal, é coordenado pelo Ministério de Minas e Energia - MME, por intermédio do Departamento Nacional de Desenvolvimento Energético - DNDE.

O Prodeem visa atender as localidades isoladas não supridas de energia elétrica pela rede convencional⁴¹, obtendo essa energia de fontes renováveis locais, de modo a promover o desenvolvimento social e econômico dessas localidades.

O Prodeem, com a denominação de "Energias das Pequenas Comunidades", faz parte do Plano Plurianual 2000-03 - PPA do Governo Federal. O programa reflete uma maior consciência por parte dos órgãos responsáveis para incorporar mecanismos que permitam um maior conhecimento dos sistemas ecológico e socioprodutivo das comunidades rurais e, conseqüentemente, das relações existentes entre esses dois sistemas, enfocando prioritariamente o desenvolvimento dos potenciais de energia disponíveis e em desenvolvimento (como biomassa, eólica, solar, hidrocinéticas).

Sua atuação, quando direcionada à energização de escolas, postos de saúde, centros comunitários, bombeamento d'água, dentre outros, define o Prodeem Social, que atua instalando diretamente, em parcerias com os governos estaduais, sistemas fotovoltaicos nesses equipamentos comunitários. Existe também o denominado Prodeem de Mercado que, com uma sistemática diferenciada, pretende desenvolver o potencial de mercado latente nas comunidades rurais. As ações, nesse caso, estão direcionadas no sentido de desenvolver as condições básicas para a implementação de modelos de gestão auto-sustentáveis compatíveis com os recursos humanos, técnicos, institucionais e econômicos disponíveis, agindo, assim, tanto na oferta quanto na demanda de energia.

O Prodeem envolve uma grande diversidade de parceiros (entidades públicas e privadas), distribuídos nas esferas federal, estadual e municipal. Atua, também, com o Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID, por meio dos fundos FUMIN e JSF, com a colaboração do PNUD⁴². Essa cooperação visa prioritariamente desenvolver modelos de negócios e linhas de micro créditos compatíveis com a problemática do Prodeem de Mercado. Para os próximos anos, espera-se a concretização da cooperação da *Japan International Cooperation Agency - JICA*⁴³, já solicitada, objetivando o fortalecimento institucional do programa.

O grande desafio do programa é desenvolver um modelo de gestão que possa articular todos os agentes envolvidos nos três níveis de governo, mobilizando os recursos técnicos, financeiros e institucionais existentes. Além disso, busca-se a sustentabilidade dos sistemas no campo, considerando as limitações impostas pela realidade marcada pela diversidade geopolítica brasileira, a dispersão das comunidades remotas, o baixo poder aquisitivo e os baixos índices de consumo dos usuários, o alto custo das instalações, marcos legais e regulatórios em elaboração, dentre outros problemas inerentes ao processo.

O Prodeem, dessa forma, pretende beneficiar cerca de 14 milhões de brasileiros, em sua maioria na área rural, distribuídos em aproximadamente 60 mil comunidades, 3 milhões de estabelecimentos rurais, 58 mil escolas públicas e 3 mil comunidades indígenas.

O Prodeem tem os seguintes objetivos específicos:

Desenvolvimento Social: instalação de microssistemas de produção e uso de energia em comunidades carentes e não servidas pela rede elétrica, apoiando o atendimento de demandas sociais básicas.

⁴¹ Em 1995, de acordo com dados da Eletrobrás, das 5.835.779 propriedades rurais existentes no país, apenas 1.604.247 delas, ou seja, 27,5% do total, eram eletrificadas.

⁴² O PNUD colocou à disposição do programa US\$ 7 milhões (fundo perdido), além de vários especialistas que atuam diretamente no problema.

⁴³ Encontra-se, também, em processo de aprovação dois financiamentos importantes, ou seja, US\$ 300 milhões solicitados ao *Japan Bank for International Cooperation*, e outro de assistência técnica, prestado pelo Banco Mundial, que serão aplicados diretamente na energização das comunidades.



Desenvolvimento Econômico: aproveitamento das fontes de energia renováveis descentralizadas para o suprimento de pequenos produtores, núcleos de colonização e populações isoladas.

Complementação da Oferta de Energia: produção complementar de energia por meio de fontes renováveis descentralizadas, destinada a todos os consumidores.

Base Tecnológica e Industrial: promoção do desenvolvimento de tecnologias e da produção de sistemas alternativos de energia e a correspondente capacitação de recursos humanos para sua instalação, operação e manutenção. As tecnologias envolvidas no programa incluem a utilização de painéis fotovoltaicos, aerogeradores e cataventos, pequenas e micro centrais hidrelétricas, combustíveis derivados da biomassa (álcool, óleos vegetais, resíduos florestais e agrícolas), biodigestores e outros.

1.6 Programa de Transporte Coletivo Movido a Hidrogênio

As pilhas a combustível apresentam inúmeras vantagens, tais como alta eficiência, modularidade, operação limpa e silenciosa, resposta rápida de carga, confiabilidade, manutenção reduzida e flexibilidade quanto ao combustível usado. Mais especificamente, as pilhas a combustível que usam hidrogênio têm emissão zero, se esse energético for produzido pela eletrólise da água, e pequenas emissões líquidas, se o hidrogênio for produzido a partir de biomassa ou etanol. O Brasil apresenta condições especialmente atraentes no sentido de obtenção de hidrogênio a partir de energia hidrelétrica.

A hidreletricidade ocupa uma grande parcela das fontes primárias de energia no Brasil. Enquanto o armazenamento sazonal do grande excedente da capacidade hidráulica na estação das chuvas (energia secundária) nem sempre é possível, há capacidade de pico sobrando, no ciclo diário de oferta de energia elétrica na Região Metropolitana de São Paulo, suficiente para abastecer 12.000 ônibus de pilha de hidrogênio, com custos de abastecimento aceitáveis.

Pesquisas sobre a utilização de hidrogênio como combustível têm sido desenvolvidas em diversos países, concentrando-se, sobretudo, na sua utilização para transporte de massa nos grandes centros urbanos. As pilhas de hidrogênio são particularmente vantajosas para um veículo que opera a maior parte do tempo em condições de parada e partida, como os ônibus urbanos. Comandos de pilha de hidrogênio foram instalados com sucesso em uma série de ônibus urbanos e demonstrados em operação.

Os ônibus a hidrogênio apresentam rendimento energético de 45%, contra 36% dos melhores ônibus a óleo diesel, e apresentam características muito favoráveis ao serviço urbano, por manterem seu alto rendimento em baixas velocidades, o que não ocorre com os motores térmicos.

Os ônibus desempenham e continuarão desempenhando um papel fundamental no transporte urbano no Brasil, que tem uma grande frota de ônibus urbanos. Os ônibus são a forma dominante de transporte público nas regiões metropolitanas, que sofrem de amplos problemas de poluição e congestionamento. Os veículos movidos a diesel contribuem fortemente com emissões poluentes, sendo os ônibus a diesel responsáveis por uma proporção significativa dessas emissões. Embora a maior parte seja composta de veículos de baixa tecnologia e baixo custo, cerca de 10% da frota já é composta por ônibus de tecnologia mais elevada e vida útil mais longa, operados em melhores condições. A substituição desses veículos por ônibus de pilhas de hidrogênio pode ser economicamente acessível e pode

trazer grandes ganhos para a saúde, criando um mercado potencial de 500 ônibus de pilha a combustível por ano durante 10 anos, substituindo-se apenas os ônibus a diesel mais sofisticados.

Não deve haver problemas sérios para implantar no Brasil os ônibus de pilha de hidrogênio, uma vez que já existe, no país, uma grande e moderna infra-estrutura de fabricação de ônibus e trolebus. Os custos projetados do ciclo de vida dos ônibus de pilha de hidrogênio são completamente competitivos com os dos trólebus, que eles complementam por meio de sua maior flexibilidade. Eles estão na faixa dos custos dos ônibus a diesel e são competitivos se os custos ambientais externos da tração a diesel forem levados em conta.

Em 1994, foi dado início ao Projeto Estratégia Ambiental para Energia: Ônibus de Célula Combustível de Hidrogênio para o Brasil (ESE/HB), implementado pela Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos de São Paulo, Agência para Aplicação de Energia de São Paulo e Universidade de São Paulo, com recursos do *Global Environment Facility* - GEF, liberados por meio do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD.

A Fase I do referido projeto, completamente financiada pelo GEF/PNUD, envolveu a avaliação da situação e perspectiva de comercialização dos ônibus. Tal fase já foi finalizada e culminou na apresentação de proposta ao GEF para a Fase II.

A Fase II do projeto, com início após a aprovação da proposta pelo GEF, consiste na aquisição, operação e manutenção de oito ônibus com pilha a combustível hidrogênio, mais a estação de produção de hidrogênio e abastecimento dos ônibus, além do acompanhamento e verificação do desempenho desses veículos.

A Fase III envolverá o início da industrialização no Brasil e uma frota de cerca de 200 ônibus com base em uma única garagem. A Fase IV envolverá a produção em série e o desenvolvimento em escala completa em São Paulo e outras cidades.

1.7 Reciclagem

Reciclagem relaciona-se ao reaproveitamento de materiais e resíduos que são, na grande maioria das vezes, vistos como refugos. Apesar de a reciclagem não contribuir diretamente para a redução de emissões de gases de efeito estufa, tem reflexo na redução da produção de insumos e, conseqüentemente, tem efeito indireto para a mitigação do aquecimento global.

Considerando-se as vantagens econômicas, sociais e ambientais, a reciclagem vem ganhando espaço de forma progressiva no Brasil, com um maior estímulo governamental a essas iniciativas. Já é possível identificar um grande avanço em termos de reciclagem, como demonstrado na Tabela 1.7.1 abaixo:

Tabela 1.7.1 - Reciclagem no Brasil

Material		Nível de reciclagem
		(%)
Alumínio		78
Embalagens de vidro		42
Papel	Escritório	22
	Ondulado	72
	Filme	15
Plástico	Rígido	15
	PET	26
Latas de aço		40
Pneus		20
Embalagem cartonada longa vida		15
Óleo lubrificante usado		18
Composto urbano*		1,5

Fonte: site do CEMPRE.

* processo de transformação de resíduos sólidos orgânicos não perigosos — restos de vegetais e animais — em um adubo de boa qualidade e baixo preço.

O Programa Brasil Joga Limpo é um dos programas que integram o Plano Plurianual 2000-03 - PPA. Seus objetivos incluem reduzir a geração e aumentar a taxa de coleta e de disposição final adequada, a reciclagem, o reaproveitamento e o tratamento de resíduos sólidos, bem como garantir meios de disposição adequados. O público-alvo inclui empresas públicas e privadas, bem como organizações e instituições de prestação de serviços cujas atividades produzam resíduos.

O programa justifica-se pela necessidade de se reduzir o uso de recursos naturais e o desperdício no consumo de materiais e de energia, bem como aumentar a reutilização e a reciclagem de materiais, com a redução do volume de resíduos nos aterros sanitários e conseqüente aumento de sua vida útil. Pode-se citar, ainda, a crescente demanda dos municípios brasileiros por ações voltadas para a limpeza urbana, a reciclagem do lixo e a disposição adequada de resíduos sólidos.

1.8 Indústria a Carvão Vegetal

O carvão vegetal é obtido a partir da madeira e da lenha⁴⁴, num processo de combustão controlada, em fornos, aumentando sua concentração de carbono. Esse processo químico denomina-se "pirólise". O carvão vegetal possui, assim, maior poder calorífico que o combustível sólido original: 3.300 kcal/kg para a lenha comercial e 6.800 kcal/kg para o carvão vegetal.

Grande parte da madeira processada na transformação do carvão vegetal era coletada em florestas naturais, contribuindo para o desflorestamento. No Brasil, essa prática ocorre desde os tempos da colonização, sendo justificada por dois fatores: o tecnológico e o social. Pelo aspecto tecnológico, a conversão de madeira e lenha em carvão vegetal — em sua maioria feita em fornos de tijolos de barro, de fácil construção, baixo custo e fácil operação — é bastante rudimentar, permitindo que pequenos produtores autônomos de baixa renda produzam esse insumo. Do ponto de vista social, deve-se considerar que a produção de carvão vegetal originário de floresta nativa é uma das principais fontes de renda de populações pobres em áreas rurais, principalmente no Cerrado.

A partir de meados do século XX, iniciou-se uma preocupação em relação ao desflorestamento para a produção de carvão vegetal, tendo em vista a redução da

oferta da matéria-prima às indústrias e o aumento da distância entre o centro de transformação (carvoarias) e o seu principal consumidor (siderurgia). Como resultado, na década de 1940, algumas siderúrgicas do estado de Minas Gerais iniciaram projetos de reflorestamento, garantindo parte da matéria-prima necessária à produção e dando origem, dessa maneira, às florestas plantadas.

Atualmente, os projetos de reflorestamento⁴⁵ suprem mais da metade das necessidades da indústria que utiliza o carvão vegetal como insumo básico, especificamente as siderúrgicas e as cimenteiras. De uma maneira geral, tem crescido a participação do carvão vegetal oriundo de florestas plantadas na indústria, contribuindo com 72% do total em 2000 (Tabela 1.8.1).

Tabela 1.8.1 - Consumo de carvão vegetal proveniente de reflorestamento

Ano	Consumo de carvão vegetal	Participação do reflorestamento	Carvão vegetal de reflorestamento	Emissões reduzidas
	(10 ³ m ³)		(10 ³ m ³)	
1990	33.636	34,0%	11.436	2.898
1991	29.224	42,3%	12.362	3.133
1992	26.828	38,9%	10.436	2.645
1993	28.840	43,5%	12.545	3.179
1994	29.432	54,0%	15.893	4.028
1995	27.352	52,0%	14.223	3.604
1996	25.344	70,0%	17.741	4.496
1997	24.256	75,0%	18.192	4.610
1998	21.924	67,4%	14.777	3.745
1999	22.240	70,0%	15.568	3.945
2000	22.600	71,7%	16.204	4.106

Fonte: MME, 2001 (consumo) e ABRACAVE, 2001 (reflorestamento).

Nota: Fatores de emissão utilizados 0,63 tep/t CV e 1,609 tC/tep.

O consumo de carvão vegetal ocorre principalmente na indústria metalúrgica (centrada na siderurgia) e na indústria cimenteira, sendo pulverizado nos demais setores (Tabela 1.8.2).

⁴⁴ Por definição, "madeira" é a parte lenhosa dos troncos e dos ramos das árvores. A "lenha" é a porção de ramos, achas ou fragmentos de troncos de árvores reservados para servirem de combustível.

⁴⁵ A principal tecnologia de reflorestamento é a da plantação de árvores de ciclo curto.



Tabela 1.8.2 - Consumo de carvão vegetal nos principais setores da indústria

Setores	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
	(1.000 m ³)										
Industrial	33636	29224	26828	28840	29432	27352	25344	24256	21924	22240	22600
Ferro Gusa e Aço	27040	22800	21256	23300	24048	22068	19144	20048	18388	18848	19184
Ferroligas	2240	3020	2560	3100	2708	2360	3580	2400	2012	2256	2260
Cimento	2168	1548	1272	1412	1604	1752	2260	1492	1260	952	968
Não-ferrosos e outros da metalurgia	1576	1264	1272	700	760	904	192	160	136	136	140
Mineração e Pelotização	212	220	192	20	16	0	0	0	0	0	0
Química	200	180	164	176	184	148	80	40	32	0	0
Outros	100	100	56	68	72	80	32	48	88	48	48
Cerâmica	80	72	44	52	32	36	48	60	0	0	0
Têxtil	20	20	12	12	8	4	8	8	8	0	0

Fonte: MME, 2001.

Massa específica do carvão vegetal 250kg/m³; MME, 2001.

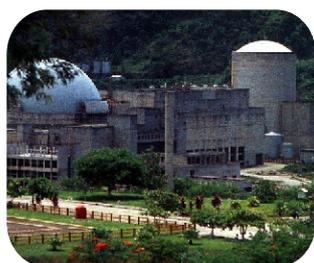
Observa-se que o consumo de carvão vegetal foi reduzido ao longo dos anos analisados. Principalmente após 1994, observa-se uma tendência de diminuição no consumo de carvão vegetal devido à sua substituição pelo carvão mineral, decorrente, em grande medida, do processo de privatização do setor siderúrgico. Com a privatização, muitas empresas integradas a carvão vegetal foram desativadas e o processo migrou para o carvão mineral importado. Com custo mais baixo, o carvão mineral facilita, a curto e médio prazo, o aumento na escala de produção. No entanto, o gusa originário dos fornos a carvão vegetal tem qualidade superior, compensando o esforço para o uso dessa matéria-prima na linha de determinados produtos mais nobres de ferro ou de aço. Nos últimos anos, vem ocorrendo uma evolução no uso do carvão mineral nas usinas para se obter o coque e um retorno ao óleo combustível na indústria cimenteira.

O Brasil é um dos poucos países que mantém o uso do carvão vegetal no processo de produção no setor metalúrgico, principalmente no setor siderúrgico e concentrado na indústria de ferro-gusa e aço. Em vários países, os processos siderúrgicos substituíram o carvão vegetal pelo carvão mineral.

Entretanto, o desenvolvimento e a difusão da tecnologia de florestas plantadas, bem como as condições favoráveis do clima no Brasil, proporcionam um período de plantio-colheita reduzido, o que torna econômico o uso de florestas plantadas, com ganhos para o setor industrial.

Como resultado, houve um aumento da participação do carvão vegetal produzido a partir de florestas plantadas no total do consumo industrial do carvão vegetal (*vide* Tabela 1.8.1). Assim, ao se utilizar uma fonte renovável de energia — o carvão vegetal originário de florestas plantadas — reduziu-se a emissão equivalente de coque de carvão mineral de cerca de 40 milhões de toneladas de carbono no setor industrial nesse período.

Programas e Ações que contêm Medidas que Contribuem para Mitigar a Mudança do Clima e seus Efeitos Adversos





2 PROGRAMAS E AÇÕES QUE CONTÊM MEDIDAS QUE CONTRIBUEM PARA MITIGAR A MUDANÇA DO CLIMA E SEUS EFEITOS ADVERSOS

Esta seção visa analisar a substituição, no Brasil, de fontes de energia fósseis, com alto conteúdo de carbono por unidade de energia gerada, por outras de menor conteúdo, ou gerando emissões de gases de efeito estufa com menor potencial de aquecimento global. Apesar de não serem sustentáveis a longo prazo, os programas e ações apresentados têm por objetivo ajudar a mitigar a mudança do clima e contribuir para que seja alcançado o objetivo final da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, ou seja, alcançar a estabilização das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera num nível que impeça uma interferência antrópica perigosa no sistema climático.

A demanda brasileira por eletricidade tem crescido muito mais rapidamente que a produção de energia primária e a economia do país, tendência que deve continuar pelos próximos anos e que requererá novas estratégias de planejamento energético, como, por exemplo, o Plano Prioritário de Termelétricas - PPT, de 2000. Assim, a análise do atual sistema elétrico do país é necessária para que se possa esboçar suas perspectivas futuras e suas implicações nas emissões de gases de efeito estufa.

Dentre esses programas ou ações, destacam-se as perspectivas de aumento de participação do gás natural na matriz energética do Brasil e seus reflexos nas emissões de gases de efeito estufa; a redução das emissões fugitivas de metano na produção de petróleo e gás natural no país; e a redução de emissões veiculares no transporte urbano em São Paulo.

Cabe ressaltar que o gás metano gerado no tratamento de resíduos pode ser aproveitado como fonte de energia ou pode ser queimado quando não puder ser aproveitado, evitando-se sua liberação na atmosfera e gerando emissões de gás carbônico, com menor potencial de aquecimento global que o metano. Dada a natureza predominantemente orgânica de resíduos no Brasil, tratou-se dessa redução no item 1.4.4.6, como nova fonte de energia renovável.

Esta seção apresenta, ainda, o desenvolvimento da energia nuclear no Brasil, que devido a seu caráter de energia proveniente de recurso mineral e, portanto, esgotável, não pode ser caracterizada como sustentável a longo prazo. Ademais, o impacto ambiental das usinas termonucleares também tem sido muito enfatizado nas últimas décadas, constituindo-se em grande preocupação dos movimentos ambientalistas. Por outro lado, as centrais nucleares não emitem gases de efeito estufa e, portanto, podem contribuir para mitigar a mudança do clima e seus efeitos adversos.

2.1 O Setor Elétrico Brasileiro

De acordo com dados da ANEEL, o mercado de energia elétrica no Brasil experimenta um crescimento da ordem de 4,5% ao ano, devendo ultrapassar a casa dos 100 mil MW em 2008. O planejamento governamental de médio prazo prevê a necessidade de investimentos da ordem de US\$ 6 a 7 bilhões/ano para expansão da matriz energética brasileira, em atendimento à demanda do mercado consumidor.

Ao longo das últimas duas décadas, o consumo de energia elétrica apresentou índices de expansão bem superiores ao Produto Interno Bruto - PIB, fruto do crescimento populacional concentrado nas zonas urbanas, do esforço de

aumento da oferta de energia e da modernização da economia.

O sistema elétrico brasileiro apresenta como particularidade grandes extensões de linhas de transmissão e um parque produtor de geração predominantemente hidráulica. O mercado consumidor (47,2 milhões de unidades) concentra-se nas regiões Sul e Sudeste, mais industrializadas. A região Norte é atendida de forma intensiva por pequenas centrais geradoras, a maioria termelétricas a óleo diesel.

As classes de consumo residencial, comercial e rural obtiveram expressivos ganhos de participação, enquanto o segmento industrial teve uma participação menor nesse crescimento, principalmente pela utilização de tecnologias mais eficientes no uso final da eletricidade, aliada às medidas de racionalização de consumo postas em prática particularmente na década de 1990.

Nos últimos anos, o setor energético brasileiro passou por significativas reformas institucionais com o objetivo de aumentar a eficiência energética e resolver problemas de oferta para atender a crescente demanda por eletricidade.

A partir de meados da década de 1990, surgiram novas oportunidades para o setor privado, permitindo-se a geração para autoconsumo — com ou sem venda do excesso de energia — e a geração para venda. Essas regras permitem vendas a empresas fornecedoras de serviços públicos, grandes consumidores ou grupos empresariais.

A entrada de capital privado no setor elétrico, antes basicamente estatal, provocou profundas alterações no antigo modelo. Os investidores passaram a buscar plantas com menor capacidade de geração, baseadas em novas tecnologias, que fossem construídas com menor custo e mais rapidamente que as hidrelétricas. Isso provocou mudanças consideráveis nas fontes geradoras de eletricidade.

A geração de energia elétrica no Brasil tem a característica de diferenciar-se do contexto médio global, em termos da dependência quanto às fontes energéticas fósseis. Em uma situação privilegiada, conforme mencionado anteriormente (*vide* item 1.3), ela estabeleceu-se a partir de meados do século XX, com base na fonte renovável dos potenciais hidráulicos. Em 2000, as fontes primárias fósseis na termogeração representavam 6,9%; as fontes térmicas renováveis 3,1%; e a nuclear 1,5%⁴⁶. O restante (88,5%) da energia elétrica foi gerado a partir do potencial hidráulico.

A geração térmica de energia elétrica tem participado, nas últimas décadas, com parcelas inferiores a 10% da energia elétrica gerada. Com isso, as fontes primárias fósseis de energia na geração de eletricidade, no Brasil, contribuem para emissões atmosféricas mundiais de carbono de forma menos intensiva (em índices *per capita*) que a maioria dos países desenvolvidos.

Entretanto, as melhores oportunidades hidrelétricas do país provavelmente já foram exploradas, principalmente nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul. O esgotamento do potencial hidrelétrico das bacias próximas dos grandes centros urbanos indica que, caso novas hidrelétricas de grande capacidade fossem construídas, elas estariam localizadas distante dessas áreas (há grande potencial energético a ser explorado na região Norte, principalmente na Bacia Amazônica), o que envolveria maiores custos de energia, devido ao aumento dos custos de transmissão e das restrições ambientais.

⁴⁶ Desagregação referente à geração térmica em 2000 normalizado a partir de Patusco e e&e. Inclui centrais elétricas de serviço público e autoprodutores. *Vide* tabela 1.3.2.

Em curto prazo, o gás natural tornou-se uma alternativa importante para a necessária expansão da capacidade de geração de energia elétrica. As expectativas de rápido aumento da participação do gás natural na matriz energética conformam-se com a decisão estratégica governamental que, por meio da Petrobras, investiu na construção do gasoduto Bolívia-Brasil. Nesse contexto, o Governo Federal instituiu o chamado Plano Prioritário de Termelétricas - PPT⁴⁷, pelo Decreto nº 3.371, de 24 de fevereiro de 2000. Por meio da Portaria nº 43, de 25 de fevereiro de 2000, o Ministério de Minas e Energia definiu 49 centrais termelétricas integrantes do PPT, totalizando uma capacidade nominal prevista de cerca de 16 GW.

De acordo com o decreto de sua criação, as usinas térmicas integrantes do PPT têm garantia de suprimento de gás natural, pelo prazo de até vinte anos, de acordo com as regras estabelecidas pelo Ministério de Minas e Energia; garantia da aplicação do valor normativo à distribuidora de energia elétrica, por um período de até vinte anos, de acordo com a regulamentação da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL; e garantia pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES de acesso ao Programa de Apoio Financeiro a Investimentos Prioritários no Setor Elétrico.

Com o desenvolvimento do uso energético do gás natural, combinado ao interesse privado na geração termelétrica, e a criação de um mercado consumidor, incluindo a distribuição urbana para uso doméstico, é esperado que a expansão das reservas nacionais ajuste-se ao crescimento da demanda e torne-se sustentável.

Embora represente maior impacto nas emissões de gases de efeito estufa do que as hidrelétricas, deve-se lembrar que a substituição de combustíveis fósseis por outros com menor teor de carbono constitui uma medida técnica para redução de emissões na geração termelétrica. O gás natural, por exemplo, tendo melhor eficiência de conversão que outros combustíveis fósseis, resulta em emissões mais baixas de CO₂ por unidade de energia gerada.

O perfil tecnológico que se configurar típico nos projetos de geração térmica definirá qual a intensidade do aumento de emissões de carbono do setor elétrico brasileiro. As melhores opções técnicas disponíveis podem garantir ao uso de combustíveis fósseis na geração de energia elétrica o papel de elemento novo e promissor na diversificação da matriz energética nacional, ao mesmo tempo em que garantem um impacto reduzido sobre o meio ambiente.

Não se deve esquecer que a diversificação da matriz energética brasileira, visando atender a crescente demanda, também deve contar com a importante participação de fontes renováveis de energia, principalmente fontes de biomassa (*vide* seção 1.4), bem como a energia nuclear (*vide* seção 2.5).

⁴⁷ Desde o lançamento, o PPT vem mudando: começou com 49 usinas, passou para 55 em 2001 e, em fevereiro de 2002, tinha 38. Projetos de usinas foram retirados do PPT por não avançarem no cronograma estabelecido pela Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL e não atenderem às determinações da Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica - GCE. Vale ressaltar que o cronograma de implementação das usinas contempladas no PPT original foi frustrado em boa medida pelo impasse gerado pelos riscos cambiais associados ao preço do gás natural, cotado em dólares, e celebração de contratos de compra de energia elétrica, a ser vendida em reais.

2.2 Perspectivas do Gás Natural no Brasil e seu Papel na Redução das Emissões de Gases de Efeito Estufa

2.2.1 A trajetória e a Participação do Gás Natural na Matriz Energética Brasileira

As reservas provadas de gás natural no Brasil cresceram abruptamente em meados da década de 1980, em virtude das descobertas de áreas de grande potencial de exploração na Bacia de Campos, litoral norte do estado do Rio de Janeiro. De 1980 a 1990, as reservas saltaram de 52.544 para 172.019 milhões de m³, como ilustra a Tabela 2.2.1, perfazendo um crescimento anual de 12,5% no período. Na década de 1990, o contínuo desenvolvimento das atividades de exploração permitiu ampliar o total de reservas provadas de gás natural ao ritmo de 2,5% ao ano, até atingir, em 2000, o patamar de 220.999 milhões de m³.

A produção de gás natural no Brasil desenvolveu-se de forma semelhante, com uma dinâmica de crescimento anual expressivo de cerca de 20%, no período de 1980 a 1985, mas de apenas 7,8% na década de 1990. Essa produção encontra-se fortemente condicionada à produção de petróleo, em virtude da presença de reservas associadas de gás e petróleo, sobretudo na Bacia de Campos, e do forte peso dos derivados básicos de petróleo na demanda energética das diversas atividades que compõem a economia nacional.

Tabela 2.2.1 - Evolução das reservas provadas e da produção de gás natural no Brasil

Ano	Reservas Provadas	Produção Anual	Reserva / Produção
	(10 ⁶ m ³)		(anos)
1980*	52.544	2.205	23,8
1985*	92.734	5.467	17,0
1990	172.019	6.279	27,4
1991	181.724	6.597	27,5
1992	192.534	6.976	27,6
1993	191.051	7.355	26,0
1994	198.760	7.756	25,6
1995	207.962	7.955	26,1
1996	223.764	9.156	24,4
1997	227.650	9.865	23,1
1998	225.944	10.833	20,9
1999	231.233	11.898	19,4
2000	220.999	13.328	16,6
Variação média anual de 1990 a 2000	2,5 % a.a.	7,8 % a.a.	-

Fonte: PETROBRAS, 1998 e Portaria ANP nº 009, de 21 de janeiro de 2000, para 1999 e 2000.

Nota: O valor total da produção inclui os volumes de gás reinjetado e queimas e perdas.

* As reservas provadas dos anos de 1980 e 1985 foram calculadas utilizando-se os critérios de classificação da Petrobras até 1996, cuja metodologia baseava-se principalmente no aspecto técnico dos reservatórios. Os dados do período de 1990-1997 foram obtidos por meio do critério de classificação da *Society of Petroleum Engineers/World Petroleum Congress - SPE/WSP*, adotado pela Petrobras em 1997, cuja metodologia dá igual ênfase aos aspectos técnicos e econômicos, incorporando a garantia de retorno econômico como parâmetro na determinação das reservas.

A relação entre as reservas provadas e a produção de gás natural, em 2000, indica uma vida útil para essas reservas de 16,6 anos, desde que mantido o nível de produção atual. Ao longo da década de 1990, observa-se queda desse indicador, com redução média anual da ordem de 5%, justificada, em parte, pela recente valorização do gás natural como fonte energética de alta qualidade, o que pressionaria a elevação da sua produção e o maior aproveitamento do mesmo para o consumo final.

A evolução do balanço do gás natural no país pode ser observada na Tabela 2.2.2. Nota-se uma elevada taxa de queima em 1991, que, apesar de ter se reduzido ao longo da década, ainda permanece alta em 2000. Essas perdas devem-se, principalmente, ao gás associado ao petróleo, conforme mencionado anteriormente, casos em que o aproveitamento do gás é determinado pela produção de petróleo, como ocorre na Bacia de Campos, principal produtora de petróleo do país. Deve-se acrescentar que, muitas vezes, a infra-estrutura para o acesso ao gás é custosa e inviabiliza seu aproveitamento, ou não é tecnicamente possível.

De acordo com análise da ANP, verifica-se um paradoxo nesse quadro: se por um lado a expansão inicial do gás natural no Brasil apoiou-se no crescimento da produção de gás associado ao petróleo, por outro, essa natureza associada tornou-se um importante fator limitador de sua expansão. De todo o gás produzido, mais de três quartos são associados, em 2000, apenas 19,1% do gás nacional era de origem não associada. Esse perfil, acentuadamente dependente da produção de petróleo, explica o elevado índice de não aproveitamento de gás no Brasil. Contudo, em um mercado que vem apresentando continuada expansão nos últimos anos, inclusive viabilizando a importação de gás de países vizinhos, essa perda é fortemente questionada, ainda mais pelo desperdício de um recurso energético não renovável, que além de estar produzindo emissões, poderia estar substituindo outros energéticos mais agressivos ao meio ambiente.

Diante desse quadro, foram estabelecidas metas de aproveitamento do gás natural nacional. Para tal, a Petrobras definiu um Plano de Queima Zero (seção 2.3) e a ANP passou a monitorar a utilização dos campos no país. Esse plano, criado em 1997, vem produzindo resultados, como verificado na Tabela 2.2.2, e demandando investimentos em infra-estrutura e novas formas de escoamento da produção.

Tabela 2.2.2 - Balanço de Gás Natural no Brasil

	1991	2000
	(10 ³ m ³)	
Importação ¹	-	2,211
Produção	6,291	13,328
Oferta Total	6,291	15,539
Reinjeção	1,141	2,729
Queimas e Perdas	1,715	2,370
Oferta Interna	3,435	10,440
Consumo próprio (Petrobras) ²	708	2,916
LGN ³	332	743
Vendas	2,395	6,572
Ajustes	-	208

Fontes: ANP e MME, 2001.

¹Refere-se à importação da Bolívia.

²Refere-se ao consumo próprio da Petrobras e produção nas unidades de processamento de gás natural - UPGN.

³Líquido de gás natural - LGN. Parcela de gás natural que se liquefaz nas UPGNs.

Apesar de o gás natural ainda ocupar uma posição secundária na matriz de produção e consumo de energia do país, a franca expansão experimentada por sua produção, no período de 1980 a 2000, só foi superada pela dinâmica de crescimento da produção de petróleo. Tal condição fez com que a participação do gás natural na produção de energia primária no país mais que duplicasse ao longo do período, atingindo uma participação de 6% em 2000. Entretanto, em termos de oferta interna de energia primária, a participação do gás natural nesse ano limitou-se a apenas 3,7% do total, mesmo com a entrada do gás boliviano. Isso se deve ao elevado volume de reinjeção (20% da produção) e também das queimas/perdas (18% da produção).

A penetração do gás natural no consumo final de energia, apesar de ainda incipiente, tem sido favorecida por políticas de estímulo ao seu uso nos diversos setores da economia, em substituição às demais fontes, sobretudo às de origem fóssil, onde quer que o gás natural se apresente como opção energética mais eficiente e viável economicamente. Tais iniciativas orientam-se pelo consenso atual em torno do papel decisivo que o gás natural pode exercer na definição de um modelo de desenvolvimento sustentável para o país. Assim, com o uso do gás natural pretende-se, ao mesmo tempo, reduzir a dependência externa de petróleo e derivados, bem como seu peso na balança comercial, e evitar o uso de outras fontes mais intensivas em emissões de gases de efeito estufa.

2.2.2 Perspectivas de Utilização do Gás Natural

As perspectivas de utilização de gás natural na geração termelétrica são promissoras e atraem um número cada vez maior de empreendedores interessados na sua exploração. A disponibilidade de grandes reservas no país e o estabelecimento de condições para a importação de gás natural pela iniciativa privada — fruto do atual processo de liberalização do setor de hidrocarbonetos — aumentam a possibilidade da oferta de gás natural para o mercado interno no médio prazo, o que contribui de forma decisiva para a alocação de investimentos em centrais térmicas a gás.

Além de suas reservas provadas de gás natural, o Brasil conta com um vasto mercado fornecedor na América Latina, em particular nos países fronteiriços, como a Bolívia, a Argentina e a Venezuela. Outra opção de reforço do abastecimento de gás no país é a importação de gás natural líquido - GNL.

Por meio da geração termelétrica, o gás natural atua tanto como um agente promotor da descentralização da operação do sistema elétrico, quanto como fator de integração energética do Brasil com os países vizinhos. Exemplo disso é a importação de gás natural para abastecer termelétricas nas regiões Sul e Sudeste, como a Usina Termelétrica de Uruguaiana de 600 MW, abastecida com gás da Argentina. Além disso, o suprimento de gás natural a usinas termelétricas é importante para viabilizar financeiramente a operação dos gasodutos em construção no país, garantindo níveis mínimos de consumo e, por conseguinte, o atendimento de potenciais centros consumidores de gás natural.

O papel estratégico assumido pelo gás natural na expansão da capacidade geradora dos autoprodutores, produtores independentes, e mesmo das concessionárias privadas de serviço público, também resulta, em grande parte, das suas vantagens comparativas frente ao óleo combustível e demais combustíveis fósseis utilizados na geração termelétrica, tais como o seu menor poder de corrosão, a redução na frequência de manutenção de equipamentos, o maior controle de queima no processo produtivo e a eliminação de estoques de combustíveis.

Acrescenta-se que as usinas termelétricas a gás natural e os sistemas de co-geração de energia trarão grandes benefícios à estabilidade do suprimento futuro de energia elétrica, devido à maior capacidade de adaptação da oferta à demanda, a partir da característica de modularidade dos mesmos e da rapidez de construção desses empreendimentos, além do melhor gerenciamento da curva de carga do sistema elétrico, que reduz a demanda de ponta do sistema, evitando a instalação de capacidade geradora adicional. Outra vantagem a destacar é a possibilidade da instalação próxima aos grandes centros de carga, poupando custos na transmissão e contribuindo para a redução dos níveis de perdas elétricas e para o aumento na confiabilidade da operação.

De acordo com estimativas do governo brasileiro⁴⁸, as oportunidades de inserção do gás natural nos diversos setores da economia devem elevar a participação dessa fonte na matriz energética brasileira dos atuais 2,6% para 12% em 2010.

Pelo lado da demanda, o gás natural mostra grande versatilidade, adaptando-se a uma ampla gama de aplicações, que inclui a produção de GLP e de gasolina natural; a substituição do GLP e do gás manufacturado no uso residencial, comercial, industrial e outros; o emprego como matéria-prima na indústria petroquímica e de fertilizantes; a substituição de óleo diesel nas frotas de ônibus e de utilitários de serviços públicos; a substituição de derivados de petróleo na indústria; e a geração de calor industrial.

Porém, entre as principais tendências de penetração do gás está o seu uso como combustível na geração termelétrica, fator determinante para reduzir o risco de possíveis restrições na oferta de eletricidade em períodos hidrológicos desfavoráveis. Essa tendência concretizou-se com o Programa Prioritário de Geração Termelétrica - PPT do Governo Federal, elaborado com o objetivo de incentivar a geração termelétrica.

No que tange à sustentabilidade global, a substituição de derivados de petróleo e de outros combustíveis fósseis pelo gás natural é positiva, uma vez que é menor a emissão de gases de efeito estufa provenientes da utilização do gás natural. Essa mudança é esperada, principalmente, nos setores de transporte e industrial. Contudo, na geração de energia elétrica, onde a grande participação da energia hidráulica confere ao país condições favoráveis em relação à emissão de gases de efeito estufa, o significativo aumento da participação da geração termelétrica previsto para os próximos anos, aportará novos elementos para o debate das questões ambientais, relativas à expansão da oferta de energia elétrica, pelo aumento significativo das emissões de gases de efeito estufa.

2.2.3 Emissões de Gases de Efeito Estufa Provenientes de Termelétricas a Gás Natural em Comparação com Termelétricas a Óleo Combustível

A expansão da geração termelétrica convencional no país introduzirá mudanças qualitativas no conjunto de externalidades ambientais do setor elétrico. Entretanto, com a multiplicação do número de plantas termelétricas, cada vez mais o foco das atenções deslocar-se-á para a questão do controle da qualidade do ar, em virtude das emissões de poluentes.

Espera-se um recrudescimento das reivindicações ambientais da sociedade civil, visando aplacar a gravidade dos impactos da concentração dessas substâncias no ar.

⁴⁸ Comissão do Gás Natural, Portaria nº 9, de 16 de setembro de 1991, da Secretaria Nacional de Energia.

Entre os impactos mais importantes encontram-se tanto os efeitos nocivos à saúde da população, que incluem desde doenças pulmonares e cardiovasculares até o aumento da incidência de processos cancerígenos, quanto o surgimento de novos fenômenos atmosféricos, como a chuva ácida, formada pela queda do pH da água da chuva por meio da sua contaminação por ácido sulfúrico ou nítrico.

Porém, são os impactos decorrentes das mudanças climáticas globais que mais impõem obstáculos ao crescimento da termelétricidade no país. Tais limitações de ordem ambiental certamente refletir-se-ão nos custos e na viabilidade técnico-econômica da implantação de usinas termelétricas convencionais, exigindo um aperfeiçoamento dos padrões tecnológicos empregados atualmente. Diante desse quadro, o uso do gás natural em substituição às demais fontes de origem fóssil tradicionalmente empregadas na geração termelétrica apresenta-se entre as fontes fósseis como a alternativa mais adequada ao pleno desenvolvimento da termelétricidade no país, pois permite incrementar a eficiência energética de geração e, principalmente, mitigar grande parte dos impactos adversos causados pelas outras fontes fósseis ao meio ambiente.

Com efeito, a comparação das emissões de carbono contido no CO₂, baseada unicamente nas características químicas dos combustíveis e nos seus conteúdos energéticos, mostra que a queima de gás natural emite 218 mg C/kcal, possibilitando uma redução de 44,5% em relação à emissão proveniente da queima de carvão europeu, que corresponde a 393 mg C/kcal. Em relação ao óleo combustível pesado, que emite 307 mg C/kcal, a queda das emissões proveniente da adoção do gás natural situa-se em 29,0%. Em contrapartida ao uso do óleo combustível leve (290 mg C/kcal), a queima de gás natural permite uma redução de 24,8% da emissão total de carbono.

Esses resultados diferem um pouco das emissões estimadas com base na energia elétrica gerada, que dependem também da eficiência dos padrões tecnológicos empregados nas plantas termelétricas. Não obstante, o gás natural mantém-se como alternativa real de redução do ritmo de crescimento das emissões de gases responsáveis pelo efeito estufa, apresentando coeficientes de emissão de gás carbônico por kWh gerado inferiores aos do óleo combustível e do carvão mineral na geração termelétrica nas principais tecnologias utilizadas, quais sejam, o ciclo a vapor convencional, a turbina a gás e o ciclo combinado.

Comparada à queima de óleo combustível, a opção pelo gás natural possibilita a redução de 27% na emissão total de gás carbônico nas usinas projetadas com tecnologia de geração baseada no ciclo a vapor convencional. Nos empreendimentos com turbinas a gás, a queda nas emissões de CO₂ obtida com o emprego do gás natural em substituição ao óleo combustível atinge 31%. Para a geração termelétrica oriunda de ciclo combinado, a substituição de fontes energéticas proposta acima implicaria na redução de 28% das emissões de CO₂.

Outra característica importante do gás natural é a ausência de emissão de dióxido de enxofre (SO₂) e de materiais particulados resultantes dos inertes contidos nos combustíveis, que são tipicamente encontrados como subprodutos da queima do carvão mineral e, em menor quantidade, do emprego de óleo combustível pesado.

Porém, a eficácia do gás natural na redução das emissões de gases de efeito estufa depende de um controle rigoroso de suas perdas, pois o metano (CH₄), componente do gás natural, quando liberado para a atmosfera, por meio de vazamentos ou da queima incompleta, também contribui para esse fenômeno, com intensidade superior à do gás carbônico (CO₂).



2.3 Programas da Petrobras para Melhorar o Aproveitamento do Gás Natural na Bacia de Campos

A Bacia de Campos é a principal região produtora petrolífera do Brasil, respondendo por cerca de 80% do petróleo nacional. Ela estende-se desde o litoral do estado do Espírito Santo, passando por todo o estado do Rio de Janeiro, até chegar ao estado de São Paulo. A liderança no desenvolvimento da tecnologia de produção em águas profundas empregada nesses campos de petróleo é motivo de vários prêmios e de reconhecimento internacional.

Devido ao aumento da produção nessa região e com a perspectiva do crescimento do mercado de gás natural, foi criado, em 1997, o Projeto Queima Zero - PQZ, composto por ações para melhorar o aproveitamento do gás na Bacia de Campos. O projeto tem por objetivo aumentar a disponibilidade de gás no mercado, melhorar o aproveitamento do recurso energético e reduzir a emissão de poluentes⁴⁹.

Com a implantação das ações em andamento, estima-se a redução da queima de gás, em cerca de 6,2 milhões de m³/d em 2001, para volumes da ordem de 3,4 milhões de m³/d em 2005. Essa redução de metade da queima está ocorrendo em paralelo a um aumento de quase 100% na produção, que vai passar de 15,9 milhões m³/d em 2001 para 27,5 milhões m³/d em 2005. Assim, a melhoria no processo é da ordem de 400% no período, fazendo com que os indicadores de aproveitamento de gás, que já são comparáveis a outros países, atinjam valores de *benchmark* em nível mundial.

Enormes benefícios justificam a implementação do projeto: aproveitar melhor a energia originada do gás associado à produção de petróleo; disponibilizar mais gás para a geração de energia elétrica por meio do programa de termelétricas desenvolvido pelo Governo Federal; contribuir para a meta governamental de aumentar a participação do gás na matriz energética brasileira e reduzir a emissão de poluentes, tais como monóxido de carbono e compostos de nitrogênio; e reduzir as emissões de gases de efeito estufa.

Da perspectiva da mudança global do clima, o Programa de Queima Zero é de especial importância, considerando que, entre 2002 e 2005, aproximadamente 15 milhões de toneladas de CO₂ deixarão de ser emitidas para a atmosfera, como resultado do programa.

2.4 Programas no Estado de São Paulo para Redução das Emissões Veiculares no Transporte Urbano

Desde 1981, a preocupação com as emissões veiculares vem aumentando devido à crescente concentração de CO e partículas suspensas na atmosfera. No final dos anos 1980, tornou-se evidente que o fenômeno estava associado às emissões veiculares, sendo necessário tomar providências urgentes. Na década de 1990, a Região Metropolitana de São Paulo - RMSP esteve sujeita a episódios agudos de poluição do ar, especialmente durante o inverno, devido à combinação de emissões poluentes e condições climáticas desfavoráveis à dispersão, acarretando sérios problemas à saúde pública.

Em 1996, o governo do estado de São Paulo, por meio da Secretaria do Meio Ambiente - SMA, implementou uma política mais agressiva no combate à poluição atmosférica causada por fontes móveis, sobretudo veículos de passeio. Uma série de estratégias foi adotada para conscientizar a população sobre a relação entre o uso do automóvel particular, a poluição do ar e a saúde humana. Visando a melhoria da qualidade do ar na RMSP, medidas mais energéticas foram aplicadas no controle de emissões

veiculares a partir da legislação pertinente, tendo como base os preceitos da Agenda 21, principalmente o princípio de precaução e o do poluidor-pagador. O conjunto de políticas iniciadas com a Campanha "Respira São Paulo" resultou em projeto de lei (Da Política Estadual de Controle da Poluição Veicular e Transporte Sustentável), encaminhado à Assembléia Legislativa em 1997.

Dentre as ações, destaca-se a Operação Rodízio, realizada de 1995 a 1998, que consistiu na restrição à circulação de aproximadamente 20% da frota de veículos em São Paulo e em mais nove municípios da RMSP nos meses de inverno, quando há maior dificuldade de dispersão de poluentes na atmosfera. Com a retirada desses veículos e o conseqüente aumento da fluidez do tráfego, estima-se que as reduções nas emissões totais de CO da frota tenham atingido 19% até 1998. Reduções significativas de gases de efeito estufa também foram verificadas. Outro aspecto importante da Operação Rodízio foi a conscientização da população sobre a relação entre qualidade do ar e uso do transporte, além de gerar pressão para que as autoridades investissem na expansão e melhoria da qualidade dos transportes públicos.

2.5 O Papel da Energia Nuclear na Redução das Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil

No final de 2000, a capacidade instalada no país correspondia a 74.903 MW⁵⁰, sendo 88,5% desse total fornecidos por usinas hidrelétricas. Com duas unidades em operação (Angra 1 e 2, respectivamente com potências de 657 e 1.309 MW), a energia nuclear responde por 1,5% da capacidade instalada total no país. Embora modesta sob a perspectiva nacional, essas usinas nucleares são importantes para o abastecimento local do estado do Rio de Janeiro, que é o segundo estado mais importante do país em termos de formação do PIB.

Já para 2006, o Plano Decenal prevê que a capacidade instalada esteja por volta de 98.000 MW, sendo que 81% em usinas hidrelétricas e 3,5% em usinas nucleares (Angra 1, 2 e 3⁵¹, totalizando 3.275 MW).

A energia nuclear não emite diretamente gases de efeito estufa (dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, hidrofluorcarbonos e outros) nem qualquer gás que provoque chuva ácida (anidrido sulfuroso, óxidos de nitrogênio). Além do mais, não emite nenhum metal carcinogênico, teratogênico e mutagênico (arsênio, mercúrio, chumbo, cádmio e outros). A utilização da energia nuclear também não emite gases ou partículas que provocam *smog* nas cidades ou a destruição da camada de ozônio.

Embora seja a terceira maior fonte de eletricidade no mundo, evitando a emissão de consideráveis quantidades de dióxido de carbono e poluentes, a energia nuclear tem sido considerada pela população em geral mais como uma

⁴⁹ Em 2001, o PQZ foi ampliado e complementado com outras ações, sendo então criado o Plano de Otimização de Gás - POAG. O POAG surgiu no ano de 2001 e absorveu o PQZ, já que é mais amplo e tem os mesmos objetivos. O plano inclui a instalação de novos compressores, repotenciamento de outros existentes e a mudança do sistema de elevação de petróleo em alguns poços, passando de gás-*lift* para bombeio centrífugo, liberando assim capacidade de compressão para a exportação de gás ao continente. Também fazem parte do POAG ações visando a revisão de procedimentos, o controle de estoques e o treinamento de pessoal. Os investimentos desse projeto superam a marca dos 200 milhões de dólares.

⁵⁰ Inclui 3.442 MW de autoprodutores.

⁵¹ O Conselho Nacional de Planejamento Energético - CNPE aprovou na reunião de 5 de dezembro de 2001 a execução de estudos sobre a construção de Angra 3, que está com parte da obra pronta.

ameaça ambiental do que uma fonte ilimitada de energia, como esperado no início do seu desenvolvimento tecnológico. O impacto ambiental de usinas termonucleares tem sido muito enfatizado nas últimas décadas, constituindo-se em grande preocupação dos movimentos ambientalistas. Além de uma remota, mas não desprezível, possibilidade de contaminação do solo, do ar e da água por radionucleídeos e do não equacionamento definitivo da disposição final dos rejeitos nucleares, o aquecimento das águas do corpo receptor pela descarga de efluentes representa um risco para o meio ambiente local.

Além dos constantes cuidados em relação à segurança e dos altos custos de disposição dos rejeitos nucleares, há quem aponte restrições de ordem econômico-financeira em relação às usinas termonucleares. Os reatores nucleares não atendem à tendência do mercado liberalizado da energia, no qual são favorecidas as tecnologias de geração que viabilizam plantas de menor capacidade e de construção mais rápida e barata.

Aqueles que defendem o uso da energia nuclear sustentam que a energia nuclear é a única tecnologia energética que trata, gerencia, contém e isola seus resíduos para proteger completamente a saúde humana e o meio ambiente. Sustentam, também, que soluções para a deposição final de resíduos radioativos de níveis baixo, médio e alto já existem e estão em uso em vários países.

As tecnologias de gerenciamento e de disposição de resíduos estão em contínuo avanço, incluindo transmutação e reciclagem de combustível. A implementação dessas tecnologias aperfeiçoadas poderia ajudar a aumentar a aceitação pública da energia nuclear. Além disso, devido ao fato de a energia nuclear ser uma forma altamente concentrada de energia, as usinas de energia nuclear e as instalações de ciclo do combustível não precisam de grandes áreas. Assim, o impacto ambiental da energia nuclear sobre a terra, as florestas e as águas é mínimo e não requer o remanejamento de grandes populações.

Os fatos mostram que desde que Angra 1 entrou em operação em 1984, até o fim de 2000, foram gerados aproximadamente 33.000 GWh de eletricidade de origem nuclear. No período de 1984 a 2000, as emissões reduzidas de CO₂, utilizando as mesmas hipóteses de cenários da seção 1.3.3 para a substituição da energia nuclear gerada no período, seriam no cenário I da ordem de 9,6 milhões de t de CO₂ e no cenário II da ordem de 24 milhões de t de CO₂. Essas emissões evitadas ainda aumentariam se a cadeia energética completa, da mineração/extração à queima de combustível, incluindo o transporte, fosse considerada.



Pesquisa e Observação Sistemática





3 PESQUISA E OBSERVAÇÃO SISTEMÁTICA

Em conformidade com o artigo 4º, parágrafo 1º, alínea (g) da Convenção, várias pesquisas e atividades de observação sistemática relacionadas com a problemática da mudança do clima vêm sendo desenvolvidas no país.

Nesse contexto, equipes de pesquisadores brasileiros estão participando do esforço internacional de programas mundiais de pesquisa relacionada à mudança do clima, como o Sistema de Observação do Clima Global - GCOS, o Sistema de Observação Oceânica Global - GOOS, a Rede Piloto de Pesquisa no Atlântico Tropical (*Pilot Research Moored Array in the Tropical Atlantic - Pirata*), entre outros.

Dentre as iniciativas de pesquisa lideradas pelo Brasil, destaca-se o Experimento de Grande Escala Biosfera-Atmosfera na Amazônia - LBA, que visa ampliar a compreensão do funcionamento climatológico, ecológico, biogeoquímico e hidrológico da Amazônia; do impacto das mudanças dos usos da terra nesse funcionamento; e das interações entre a Amazônia e o sistema biogeofísico global da Terra.

Os projetos realizados no âmbito do Programa Piloto para Proteção das Florestas Tropicais Úmidas no Brasil - PPG7 e a elaboração de modelos regionais de mudança do clima são outras exemplos de pesquisas de grande relevância que estão sendo desenvolvidas no país. Destacam-se, ainda, as pesquisas relacionando glaciologia e mudança do clima.

Finalmente, este capítulo analisa a "Proposta Brasileira", ou seja, o documento do Brasil intitulado "Elementos propostos de um protocolo para a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, apresentado pelo Brasil em resposta ao Mandato de Berlim", submetido em maio de 1997. Ela pretende promover uma mudança de paradigma ao definir um critério objetivo para avaliar a responsabilidade de cada país em causar a mudança do clima. Baseia-se nas contribuições históricas e diferenciadas de cada país ao aumento de temperatura da superfície terrestre, ocasionado por suas emissões de gases de efeito estufa de origem antrópica desde a Revolução Industrial.

Assim, verifica-se que o país está promovendo e cooperando em pesquisas científicas e em observações sistemáticas, visando esclarecer, reduzir ou eliminar as incertezas ainda existentes em relação às causas, aos efeitos, à magnitude e à evolução no tempo da mudança do clima.

3.1 Programas Mundiais do Clima

Várias iniciativas internacionais de pesquisa, geralmente realizadas sob os auspícios da Organização Meteorológica Mundial - OMM e do IPCC, são desenvolvidas em nível mundial. O Brasil participa, por meio delas, de um esforço global, para uma melhor compreensão da situação presente e as perspectivas futuras do clima no planeta, conforme apresentado a seguir:

Tabela 3.1.1 - Participação do Brasil nos programas mundiais do clima em 2000

Programa / Projeto Internacional	Atividades	Instituições / Responsáveis
Monitoramento e Coleta de Dados Internacionais		
Sistema de Observação do Clima Global - GCOS	Assegurar a aquisição de informações para o monitoramento, detecção da mudança do clima e resposta a ela; aplicar essas informações para o desenvolvimento socioeconômico e pesquisar uma melhor compreensão, modelagem e previsão do clima.	INMET (C. Athayde) INPE/CPTEC (C. Nobre)
Sistema de Observação Oceânica Global - GOOS	Coletar, analisar e divulgar dados e informações dos oceanos, da região costeira e de mares fechados e semifechados, a fim de permitir previsões confiáveis das condições oceânicas e atmosféricas, além de facilitar o gerenciamento da região costeira e prover as necessidades de pesquisa sobre as mudanças do meio ambiente global.	DHN - Marinha (J. Romaguera Trotte)
Programa Mundial de Pesquisa sobre o Clima		
Experimento Global de Energia e Ciclo da Água - GEWEX	Estudar os processos atmosféricos e termodinâmicos que determinam o ciclo hidrológico global, seu equilíbrio e seu ajustamento às mudanças globais.	INPE/CPTEC (J. Marengo) USP (P. Silva Dias e M. A. Dias)
Previsibilidade e Variabilidade Climática - CLIVAR	Investigar a variabilidade do sistema climático da terra e tentar prever essas variações, por meio do monitoramento das variações das condições da superfície (temperatura do mar, umidade do solo e vegetação, neve e cobertura de gelo), as quais afetam o clima atmosférico.	INPE/CPTEC (J. Marengo e C. Nobre) USP (P. Silva Dias) UFPR (A. Grimm)
Processos Estratosféricos e Seu Papel sobre o Clima - SPARC	Concentrando-se na interação dos processos dinâmicos, radioativos e químicos, objetiva a construção de uma referência climatológica estratosférica e o melhoramento da compreensão das tendências da temperatura, ozônio e vapor de água na estratosfera.	INPE (V. Kirchoff)
Sistema de Estudo do Clima Ártico - ACSYS	Compreender as variações do Oceano Ártico e as mudanças que incluem os processos mar-gelo.	INPE (A. Setzer)

Continua

Programa Internacional Geosfera-Biosfera		
Mudança Global em Ecossistemas Terrestres - GCTE	Entender como as mudanças globais vão afetar os ecossistemas terrestres.	INPA (N. Higuchi)
Química Atmosférica Global Internacional - IGAC	Entender como é regulada a química da atmosfera e qual o papel dos processos biológicos na produção e consumo dos gases presentes em pequenas quantidades na atmosfera.	USP/Instituto de Física (P. Artaxo)
Mudanças Globais Passadas - PAGES	Descobrir quais foram as mudanças climáticas e ambientais significativas que ocorreram no passado e quais foram suas causas.	INPE/CPTEC (J. Marengo)
Análise Global, Interpretação e Modelagem - GAIM	Desenvolver modelos prognósticos compreensivos do sistema biogeoquímico global e associar esses modelos com os do sistema climático.	INPE/CPTEC (C. Nobre)
Capacitação		
Sistema de Mudança Global para Análise, Pesquisa e Treinamento - START	Desenvolver um sistema de redes regionais de colaboração entre cientistas e instituições para que realizem pesquisas sobre os aspectos regionais da mudança global, avaliar suas causas e impactos e fornecer informações relevantes aos formuladores de política e dos governantes, principalmente aumentando a capacitação dos países em desenvolvimento.	INPE/CPTEC (C. Nobre)
Avaliação de Impactos e Adaptação à Mudança do Clima - AIACC	Desenvolver um sistema de treinamento regional para projetos de START sobre o uso de cenários climáticos globais e regionais a respeito de estudos de avaliação de vulnerabilidade a mudanças climáticas.	INPE/CPTEC (J. Marengo)

3.2 Programa Pirata

A Rede Piloto de Pesquisa no Atlântico Tropical - Pirata (*Pilot Research Moored Array in the Tropical Atlantic*), é um projeto envolvendo cientistas brasileiros, franceses e norte-americanos, implementado por meio de cooperação internacional. É considerado um dos cinco maiores programas oceanográficos do mundo.

O projeto consiste na implantação, no Oceano Atlântico tropical, de um sistema piloto que permita a obtenção de dados atmosféricos e oceânicos, com o lançamento e a manutenção de doze bóias "Atlas", entre 1997 e 2000, ancoradas em alto mar, no meio do Oceano Atlântico e próximas ao Equador, até uma profundidade de 500 metros.

As bóias, conjuntamente com marégrafos e estações meteorológicas dotadas de Plataformas de Coletas de Dados - PCD, medem a temperatura do mar e obtêm dados sobre as condições meteorológicas da região. Os dados obtidos são transmitidos via satélite por meio dos serviços ARGOS e SCD, podendo estar disponíveis em tempo praticamente "real" na Internet.

Os dados obtidos podem auxiliar os cientistas a compreender melhor as interações oceano-atmosfera na região do Atlântico tropical, possibilitando a formulação de modelos de previsão sazonal do clima nessa região e nas áreas continentais subjacentes.

Durante a fase piloto do programa Pirata, de 1997 a 2000, pretendeu-se fazer uma avaliação dos problemas de engenharia, logísticos e de manutenção que pudessem surgir na implementação de tal sistema de observação. Espera-se que outros países possam se juntar na manutenção e na possível expansão do Pirata, de forma que ele possa constituir uma extensão atlântica do GCOS e do GOOS. Além disso, as informações levantadas pelo Pirata serão uma grande contribuição para o esforço internacional de pesquisa empreendido pelo Programa Mundial de Pesquisa Climática - WCRP (*World Climate Research Program*), especialmente para as atividades posteriores ao TOGA - *Tropical Ocean Global Atmosphere* - (CLIVAR-GOALS), que fez o monitoramento do Oceano Pacífico, nas mesmas diretrizes, entre 1985 e 1994.

A construção das bóias, a montagem dos equipamentos e a sua manutenção estão sendo financiados pela Administração Nacional Atmosférica e Oceânica dos EUA - NOAA e pela Agência Espacial Norte-Americana - NASA. O Brasil foi responsável pela instalação de sete bóias entre 1998 e 1999, dois marégrafos e estações meteorológicas situadas no Atol das Rocas e nos Arquipélagos de São Pedro e São Paulo, com gastos de US\$ 2,5 milhões.

O Brasil tem grande interesse na extensão do programa Pirata. O interesse do país decorre do fato de que, sob o ponto de vista meteorológico e oceanográfico, faz-se necessário o permanente monitoramento dessa região, incluídos aspectos do transporte do calor inter-hemisférico que ocorre na subsuperfície do oceano daquela região. Além disso, os dados que serão coletados são imprescindíveis para a melhoria da previsão climática, bem como para previsões de tempo em mais curto prazo. As anomalias de temperatura acabam determinando eventos extremos de chuvas no Nordeste do país, somente previsíveis se houver um acompanhamento permanente dessa variável.

O documento detalhado contendo a justificativa científica para a extensão do programa será formalmente submetido ao Grupo de Direção do Pirata, para implementação no biênio 2002-2003, comprovada a existência dos recursos que se fazem necessários.

3.3 Experimento de Grande Escala da Biosfera - Atmosfera na Amazônia (Large Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazonia - LBA)

O LBA (*vide* <http://lba.cptec.inpe.br/lba/index.html>) é uma iniciativa internacional de pesquisa liderada pelo Brasil, tendo sido planejado para gerar novos conhecimentos necessários à compreensão do funcionamento climatológico, ecológico, biogeoquímico e hidrológico da Amazônia; do impacto das mudanças dos usos da terra nesse funcionamento; e das interações entre a Amazônia e o sistema biogeofísico global da Terra.



O LBA está centrado em torno de duas questões principais que são abordadas por meio de pesquisa multidisciplinar, integrando estudos de ciências físicas, químicas, biológicas e humanas:

De que modo a Amazônia funciona como entidade regional?

De que modo as mudanças dos usos da terra e do clima afetarão o funcionamento biológico, químico e físico da Amazônia, incluindo sua sustentabilidade e sua influência no clima global?

No LBA, dá-se ênfase às observações e às análises que ampliarão a base de conhecimentos sobre a Amazônia em seis áreas: física do clima, armazenamento e trocas de carbono, biogeoquímica, química da atmosfera, hidrologia e usos da terra, e cobertura vegetal. O programa está delineado para tratar das questões principais levantadas na Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima e proporcionará uma base de conhecimentos voltada ao uso sustentável da terra na Amazônia. Para tanto, dados e análises serão utilizados para definir o estado presente do sistema amazônico e sua resposta às perturbações atuais, e serão complementados com resultados de modelos para proporcionar um entendimento quanto a possíveis mudanças no futuro.

O LBA combina novos instrumentos analíticos e experimentos inovadores e multidisciplinares em uma síntese que gerará novos conhecimentos no intuito de enfocar questões ainda pendentes. Proporciona também um novo entendimento dos controles ambientais nos fluxos de energia, água, carbono, nutrientes e gases-traço entre atmosfera, hidrosfera e biosfera na Amazônia, assentando as bases científicas no processo de formulação de políticas voltadas para o uso sustentável dos recursos naturais da região. Ademais, o aperfeiçoamento das capacidades e das redes de pesquisa nos países da Amazônia associados ao LBA motiva a formação e a pesquisa aplicada ao desenvolvimento sustentável.

3.4 Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil - PPG7

Na reunião de cúpula dos países do G-7 (Alemanha, Canadá, Estados Unidos, França, Itália, Japão e Reino Unido), realizada em Houston, Texas - EUA, em 1990, o Chanceler alemão Helmut Kohl propôs a criação de um programa piloto com o objetivo de impedir que a taxa de desflorestamento das florestas tropicais brasileiras aumentasse, o que refletia a crescente preocupação da comunidade internacional com o desflorestamento das florestas do Brasil.

As diretrizes do programa foram traçadas por representantes do governo brasileiro (Comissão Interministerial), do Banco Mundial e da Comissão Européia, em resposta às recomendações feitas naquela reunião, e o mesmo foi aprovado pelo G-7 e pela Comunidade Européia, em dezembro de 1991.

Em 1992, o quadro executivo de Diretores do Banco Mundial adotou a Resolução nº 92-2, estabelecendo o Fundo Fiduciário para Florestas Tropicais (*Rain Forest Trust Fund*) para financiar o programa piloto para a proteção das florestas tropicais da Amazônia brasileira e da Mata Atlântica.

Depois da autorização do Senado brasileiro, em agosto de 1993, um acordo foi assinado, em 25 de fevereiro de 1994, entre o Brasil e o Banco Mundial, para implementar o programa piloto. O Brasil concordou em fornecer 10% do total de fundos disponíveis para o programa.

Para a primeira fase do programa, US\$ 291,1 milhões foram aprovados pelo G-7, pela Comissão da União Européia e

pelos Países Baixos. Dessa quantia, US\$ 58,2 milhões destinaram-se ao Fundo, sendo executados no período de 1995 a 2001, e US\$ 232,9 milhões destinaram-se à assistência bilateral.

O Banco Mundial é o responsável pela coordenação do programa entre os doadores e o governo brasileiro, além da administração do Fundo. O início do trabalho do Banco deu-se em 1992, mesma data da criação do Fundo. Os primeiros projetos foram aprovados em 1994 e implementados a partir de 1995, sendo o Ministério do Meio Ambiente - MMA o representante brasileiro responsável pela coordenação do programa e dos projetos.

A execução do programa é de competência do governo brasileiro, por intermédio do Ministério do Meio Ambiente - MMA, do Ministério da Justiça - MJ e do Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT, contando com a participação do Banco Mundial, da União Européia - UE e de países doadores membros do G-7.

O PPG-7 é um conjunto de atividades integradas visando fortalecer e maximizar os benefícios ambientais oriundos das florestas tropicais brasileiras, de maneira compatível com o desenvolvimento do país. O programa tem como objetivos formais:

- demonstrar a viabilidade de harmonizar o desenvolvimento econômico e a proteção do meio ambiente nas florestas tropicais;
- preservar a biodiversidade das florestas tropicais;
- reduzir a contribuição das florestas tropicais às emissões mundiais de gases do efeito estufa;
- proporcionar um exemplo de cooperação internacional entre países desenvolvidos e em desenvolvimento em temas ambientais de escala global.

O PPG-7 apoia um amplo conjunto de projetos integrados que contribuem para a redução do desflorestamento das florestas tropicais da região Amazônica, proteção a biodiversidade, redução das emissões de gases de efeito estufa e utilização dos recursos florestais de forma sustentada. Esses projetos estão estruturados em quatro subprogramas:

Subprograma de Política de Recursos Naturais: visa propiciar o uso sustentável dos recursos naturais e contribuir para a definição e implementação de um adequado modelo de gestão ambiental integrado para a Amazônia Legal, compreendendo projetos de zoneamento ecológico-econômico, monitoramento e vigilância ambiental, controle e fiscalização ambiental e educação ambiental.

Subprograma Projetos Demonstrativos: compreende três tipos de projetos demonstrativos:

- Projetos Demonstrativos Tipo A - PD/A: visa contribuir para a conservação e preservação da Amazônia, da Mata Atlântica e de ecossistemas associados, apoiando o desenvolvimento sustentável pela participação e integração das contribuições locais;
- Projeto de Educação Ambiental: com atuação específica prevista para a região da Amazônia, possivelmente nas áreas de influência do Projeto Corredores Ecológicos, tem como objetivo contribuir para a conservação da natureza, o uso sustentável de recursos naturais e realizar a disseminação do conhecimento local;
- Projetos Demonstrativos Indígenas - PD/I: destina-

se exclusivamente às terras e às populações indígenas, buscando o financiamento de iniciativas por parte dos grupos indígenas que promovam o manejo sustentável dos recursos naturais e a proteção ambiental nas suas terras, contribuindo assim para a manutenção da integridade física e cultural dos índios.

Subprograma de Unidades de Conservação e Manejo dos Recursos Naturais: destina-se a desenvolver modelos de gestão sustentável para unidades de conservação, recuperar áreas antropizadas e promover o manejo sustentável de recursos naturais. Este subprograma envolve seis projetos (reservas extrativistas, proteção às terras e populações indígenas, apoio ao manejo florestal na Amazônia, corredores ecológicos, manejo de recursos naturais das várzeas, monitoramento e controle de desflorestamentos e queimadas).

Subprograma de Ciência e Tecnologia: visa promover a geração e a disseminação de conhecimentos científicos e tecnológicos relevantes à conservação e ao desenvolvimento sustentável da região Amazônica, por meio de dois componentes: projetos de pesquisa dirigida, com previsão de encerramento em dezembro de 2002; e projetos de centros de ciência, concluídos em dezembro de 1999. A proposta de rede de pesquisa na região Amazônica da fase II deste subprograma está sendo elaborada e prevê, entre outros pontos, o apoio a grupos de pesquisa consolidados, emergentes e em formação, assim como o estabelecimento de mecanismos eficientes de disseminação dos resultados aos diversos segmentos da sociedade.

Outros Projetos: além dos projetos acima citados, vinculados diretamente aos subprogramas, há outros (projeto de apoio ao monitoramento e análise; projeto de comercialização; projeto de gestão, monitoramento e políticas do programa piloto) que estão diretamente submetidos à Secretaria Executiva do Programa Piloto.

3.5 Modelos Regionais de Clima: Previsões de Prazo Estendido sobre a América do Sul Utilizando o Modelo Regional Eta

O modelo Eta, utilizado no *National Center for Environmental Prediction* - NCEP dos Estados Unidos, é um programa configurado para o continente sul-americano, com resolução de 80 km. No Brasil, é utilizado pelo Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (*vide* item 6.3) - Eta/CPTEC do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. Esse modelo, de área limitada, tem 38 camadas na atmosfera e seu domínio inclui parte dos oceanos Atlântico e Pacífico adjacentes. O modelo roda no modo de previsão de tempo com 6 horas de antecedência, chegando até 72 horas de antecedência. Atualmente, também é rodado para fazer previsões sazonais de clima, com resoluções horizontais de 80 e 40km. Um modelo regional, com maior resolução, pode resolver melhor a orografia que os Modelos de Circulação Geral - GCM. Para a América do Sul, a resposta do modelo a sistemas sinóticos e subsinóticos é crucial, em particular para as regiões sul e sudeste, freqüentemente varridas por sistemas frontais e convectivos.

Nesse estudo preliminar, o modelo regional Eta foi usado para produzir previsões de um mês na América do Sul sob condições secas e chuvosas (para alguns episódios extremos de chuva, de modo experimental).

O modelo regional Eta/CPTEC mostrou ser capaz de produzir previsão climática de um mês para a América do Sul em uma rodada contínua. Os resultados foram comparados às previsões do GCM, a fim de avaliar a contribuição positiva das rodadas regionais. As previsões regionais mostraram que a maior resolução pode fornecer mais detalhes às

previsões, particularmente para os campos de temperatura próxima à superfície. A magnitude das variáveis previstas foi, em geral, mais próxima das observações. Deve-se lembrar que parte da qualidade das previsões regionais depende da qualidade da previsão do modelo global. O modelo regional Eta/CPTEC apresentou previsões de chuva de boa qualidade, sendo os melhores índices obtidos na região centro-sul da América do Sul, bem como na porção mais setentrional do Nordeste e do norte da Amazônia.

Os resultados desses testes preliminares são encorajadores. Os próximos passos desse trabalho consistem em preparar o modelo para a previsão sazonal. O uso de temperaturas previstas da superfície do mar e um tratamento aperfeiçoado dos transportes de água no solo e na atmosfera estão sendo considerados, bem como uma representação mais próxima da realidade da topografia, vegetação e solo. Esses dados contribuirão para que se possa, presumivelmente, produzir previsões de maior prazo, de cerca de três meses, com o modelo Eta/CPTEC sobre a América do Sul, gerando, assim, previsões sazonais contínuas e operacionais similares àquelas realizadas com um modelo global de clima (*vide* item 5.10).

Na fase inicial do trabalho "Previsões de Prazo Estendido sobre a América do Sul", o modelo Eta/CPTEC foi pela primeira vez integrado no modo "climático", isto é, rodado continuamente por um período de tempo maior que aquele utilizado para produzir as previsões de tempo (60 horas) sobre a América do Sul. O modelo foi avaliado quanto à estabilidade e à qualidade da previsão produzida para uma integração de período mais longo, mostrando ser capaz de reproduzir as condições climáticas com boa resolução espacial. Como próximo passo, espera-se terminar uma rodada climática do Eta/CPTEC, de 10 anos no mínimo, para representar a climatologia desse modelo, e dessa forma estudar e determinar a habilidade do modelo e a previsibilidade do clima nas diferentes regiões do país e da América do Sul, similar às avaliações feitas com o modelo global de clima do CPTEC.

Outra pesquisa está sendo desenvolvida no CPTEC, intitulada "Modelando a Emissão e Transporte de CO₂ das Áreas de Queimadas na Amazônia". Durante a estação de seca, queimadas em áreas de grande concentração de biomassa na região central do Brasil e na Amazônia contribuem para um aumento de emissão de dióxido de carbono na atmosfera. Para estimar o balanço de dióxido de carbono durante essa estação, experimentos numéricos com o modelo de transporte do gás foram realizados de agosto a setembro de 1995. Isso gerou interesse de incluir os aerossóis e a fumaça da queima de biomassa nos parâmetros de radiação dentro do modelo Eta/CPTEC, que serão de grande importância na modelagem de mudanças do clima devido ao incremento de gases de efeito estufa e aerossóis.

3.6 Pesquisa em Glaciologia no Âmbito do Programa Antártico

O gelo antártico é extremamente sensível a mudanças ambientais e poderá reagir de maneira brusca, ainda não totalmente conhecida, às alterações climáticas ocasionadas pela ação humana. Dessa maneira, a comunidade glaciológica internacional está interessada principalmente em entender como esse gelo interage com outras partes do sistema ambiental terrestre, na sua resposta às mudanças ambientais globais (principalmente àquelas devidas à atividade humana), e em monitorar essas mudanças no continente.

O interesse científico na região também é justificado porque a estratigrafia e química da neve do gelo polar e de geleiras

de altitude fornecem uma das melhores técnicas paleoclimáticas, possibilitando a reconstrução da evolução atmosférica ao longo de 440 mil anos. Pesquisas recentes, tanto na Antártica como na Groelândia, revelam que as geleiras funcionam como um arquivo natural da história ambiental do planeta. Analisando os testemunhos de gelo extraídos de grandes profundidades, os cientistas podem inferir as mudanças ambientais ocorridas ao longo do período histórico.

Considerando-se a importância estratégica dessa região, em 1959, vários países assinaram o Tratado da Antártica, no qual se firmou o compromisso do uso da Antártica apenas para fins pacíficos e de cooperação internacional para o desenvolvimento de pesquisas científicas. O Brasil aderiu a esse Tratado em 1975.

O Programa Antártico Brasileiro - PROANTAR foi criado pelo Decreto nº 86.830, de 12 de janeiro de 1982. O programa é elaborado e implementado pela Comissão Interministerial para os Recursos do Mar - CIRM, em consonância com os compromissos internacionais assumidos pelo Brasil no âmbito do Tratado da Antártica. O MCT, por meio do CNPq, responsabiliza-se pela seleção e pelo acompanhamento das atividades científicas do PROANTAR.

O PROANTAR compreende pesquisas científicas e atividades correlatas que o Brasil desenvolve no Continente Antártico. Os projetos de pesquisa do PROANTAR são selecionados tendo em vista sua vinculação às questões científicas referentes ao ambiente antártico e competência científica do pesquisador proponente. As ênfases científicas do PROANTAR levam em conta os objetivos e diretrizes emanados da Política Nacional para Assuntos Antárticos - POLANTAR, e os programas e iniciativas científicas propostos pelo Comitê Científico de Pesquisa Antártica - SCAR, organismo internacional vinculado ao Conselho Internacional para Ciências - ICSU.

O apoio logístico aos projetos de pesquisa do PROANTAR é dado pela Marinha do Brasil, compreendendo a operação do Navio de Apoio Oceanográfico Ary Rongel, a manutenção da Estação Antártica Comandante Ferraz, a instalação e manutenção de refúgios e de acampamentos, assim como o transporte de pesquisadores. Essas últimas atividades contam ainda com a colaboração da Força Aérea Brasileira - FAB.

O Laboratório de Pesquisas Antárticas e Glaciológicas - LAPAG, criado em 1992, é parte integrante do Departamento de Geografia do Instituto de Geociências da UFRGS e funciona como núcleo interdisciplinar sobre pesquisas antárticas.

O LAPAG tem como objetivo principal a introdução no Brasil da ciência glaciológica, sendo o primeiro grupo brasileiro especializado em pesquisas sobre gelo e neve. A proposta de trabalho envolve atividades de pesquisa na Antártica e nos Andes, ensino e orientação no curso de Pós-graduação em Geociências e Geografia. As pesquisas são realizadas em cooperação com instituições nacionais e internacionais.

O programa de pesquisas do LAPAG, financiado pelo PROANTAR, pelo CNPq e pela Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES está concentrado no monitoramento da cobertura de gelo das ilhas subpolares antárticas por meio de técnicas de sensoriamento remoto, com o objetivo de detectar mudanças no volume de gelo, estabelecendo relações com variações dos parâmetros climáticos; e na análise química de amostras de neve e gelo para reconstruir a evolução do clima sul-americano ao longo dos últimos 2.000 anos.

O LAPAG realiza missões bianuais à Antártica. No verão austral de 1997-1998, esse laboratório liderou expedição internacional para investigar variações nas dimensões da

calota de gelo da Ilha Rei George, Arquipélago das Shetlands do Sul. Ao ser constatada a perda de 7% da área coberta por gelo nos últimos 40 anos, decidiu-se implantar programa de monitoramento contínuo da ilha para avaliar o impacto das mudanças do clima na região.

3.7 Modelo Simplificado de Mudança do Clima

O documento do Brasil intitulado "Elementos propostos de um protocolo para a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima", submetido em maio de 1997, apresentou dois elementos para discussão em relação ao processo do Mandato de Berlim. O primeiro elemento era estabelecer a responsabilidade individual dos países em termos de causar o efeito estufa. O segundo elemento estabeleceu a idéia de um Fundo de Desenvolvimento Limpo para substituir o conceito impopular de implementação conjunta na época e acabar com o impasse Norte-Sul que estava crescendo durante o processo. A quantificação do princípio das responsabilidades comuns mas diferenciadas era uma das metas básicas subjacentes à proposta.

O primeiro problema enfrentado ao escrever a proposta, buscando-se mudar a abordagem das causas (emissões) para os efeitos (aquecimento global), foi o estabelecimento de um critério objetivo para medir a mudança do clima.

Torna-se, então, de suma importância estabelecer a relação entre as emissões antrópicas líquidas e a resultante mudança do clima. Ao mesmo tempo em que se reconhece que esse fenômeno deverá ter uma distribuição geográfica complexa, seria importante que houvesse uma única medida da mudança global do clima.

A variável escolhida para medir a mudança do clima foi a mudança na temperatura média da superfície global. Outras conseqüências da mudança do clima que poderiam ser utilizadas como variáveis, tais como a variação no tempo da mudança da temperatura média da superfície global e/ou o aumento do nível médio do mar, podem ser obtidas a partir da mudança na temperatura média da superfície global.

Esse critério está intimamente ligado à realidade física do aquecimento provocado pelo efeito estufa, uma propriedade não aplicável às emissões absolutas, que são uma "fotografia" instantânea de uma situação em um ano escolhido de forma arbitrária. Além disso, a temperatura média da superfície global pode ser usada como um indicador do aquecimento global, e a atribuição da responsabilidade do país pode ser feita em termos de sua contribuição relativa individual ao aumento total da temperatura. O núcleo do modelo corresponde a um processo de acumulação dupla que é a essência do aquecimento global. O acúmulo de emissões aumenta as concentrações e, para cada nível anual de concentrações, o acúmulo da energia depositada na superfície terrestre aumenta a temperatura (média da superfície global).

A mudança na temperatura também é uma medida objetiva da mudança do clima, pois pode ser argumentado que os efeitos prejudiciais da mudança do clima guardam certa proporcionalidade em relação a ela.

Deve-se salientar que as incertezas restantes no conhecimento atual do valor absoluto da mudança de temperatura prevista não afetam as conclusões sobre a contribuição relativa dos países. A sensibilidade climática a uma duplicação da concentração de dióxido de carbono está, hoje, numa mudança de temperatura entre 1,5 e 4,5 graus Celsius. Futuros aperfeiçoamentos, à medida que progressivamente diminuam as incertezas, podem ser facilmente incorporados atualizando as constantes de calibragem da proporcionalidade, a fim de melhorar a

exatidão dos resultados absolutos, sem prejuízo do ajuste da contribuição relativa.

Reconstruindo a série de emissões antrópicas por fontes e remoções por sumidouros de gases de efeito estufa em todos os setores no passado, é possível calcular a parcela relativa do aumento total da temperatura que pode ser atribuída a cada país individualmente. Portanto, a estimativa da responsabilidade relativa de um dado país por causar o aquecimento global pode ser feita até mesmo com a incerteza atual do aumento absoluto de temperatura que pode ser atribuído somente ao efeito estufa.

Considerando que a Convenção contém o fundamental princípio da responsabilidade comum, mas diferenciada, a proposta brasileira proporciona um critério objetivo para a diferenciação das responsabilidades. É também um meio de quantificar a responsabilidade relativa dos países desenvolvidos em relação aos países em desenvolvimento, como resultado de sua contribuição às concentrações atmosféricas de gases de efeito estufa em 1990, quando foi iniciado o processo de negociação da Convenção⁵².

Usando essa abordagem simplificada, foi realizada uma avaliação da responsabilidade relativa dos países do Anexo I em contraposição à dos países não-Anexo I ao longo do período que se estende até 2200, levando-se em consideração a concentração estimada em 1990 atribuída a ambos os grupos de países. Dados históricos publicados sobre as emissões de CO₂ dos setores de energia e de cimento para cada país no período de 1950 a 1990 foram utilizados⁵³, em conjunto com uma extrapolação retroativa para o período anterior a 1950, para estimar as concentrações atmosféricas em 1990.

O efeito das emissões dos outros gases de efeito estufa não foi considerado por falta de dados disponíveis. Entretanto, sabe-se que esse efeito é pequeno se comparado ao do dióxido de carbono, de acordo com o Segundo Relatório de Avaliação do IPCC. Além disso, o tempo de vida relativamente curto do metano na atmosfera tende a diminuir a importância das emissões históricas desse gás. Por esses motivos, as emissões de dióxido de carbono dos setores de energia e de cimento são provavelmente uma boa *proxy* para a estimativa do aumento da temperatura média da superfície global com o propósito de avaliar a responsabilidade relativa dos países do Anexo I e não-Anexo I.

As conclusões desmistificam a relevância da discussão sobre o ano em que serão igualadas as emissões dos países do Anexo I e as dos não-Anexo I, pois nesse ano hipotético a responsabilidade por causar o aquecimento global ainda será atribuída em grande parte aos países do Anexo I.

Um processo está sendo desenvolvido no âmbito do Órgão Subsidiário de Assessoramento Científico e Tecnológico da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima para considerar a proposta brasileira (*vide* <http://unfccc.int/issues/ccc.html>). Vários países também estabeleceram grupos de cientistas para analisar a nova abordagem proposta. Entretanto, muito trabalho ainda deverá ser feito para que se possa criar um consenso sobre uma métrica para a mudança do clima que considere, ao mesmo tempo, equidade e responsabilidade e que seja aceita por todos os países.

⁵² A estimativa da concentração inicial de cada país em 1990 pode levar em consideração as diferenças em pontos de partida de cada Parte, conforme mencionado no artigo 4.2.a da Convenção do Clima.

⁵³ Esses dados foram obtidos do Laboratório Nacional de Oak Ridge (EUA). Essa é uma coleta de dados abrangente e muito bem feita. O atual conjunto de dados disponível foi melhorado após a submissão da proposta brasileira. *Vide site na Internet* <http://cdiac.esd.ornl.gov/>.

Educação, Treinamento e Conscientização Pública





4 EDUCAÇÃO, TREINAMENTO E CONSCIENTIZAÇÃO PÚBLICA

Em conformidade com o artigo 4º, parágrafo 1º, alínea (i) da Convenção, “todas as Partes, levando em conta suas responsabilidades comuns mas diferenciadas e suas prioridades de desenvolvimento, objetivos e circunstâncias específicos, nacionais e regionais, devem promover e cooperar na educação, treinamento e conscientização pública em relação à mudança do clima, e estimular a mais ampla participação nesse processo, inclusive a participação de organizações não-governamentais”.

Uma vez que o país foi o anfitrião da Cúpula da Terra em 1992, os brasileiros tiveram uma noção geral sobre as questões relativas ao aquecimento global e ao buraco na camada de ozônio. Contudo, em geral, as pessoas não estão a par da mudança do clima, tampouco, da Convenção sobre Mudança do Clima. Trata-se de uma questão técnica e complexa, difícil de ser compreendida por não-especialistas. Além disso, há muito pouco material de leitura disponível em português. As tentativas iniciais de mobilizar instituições e especialistas foram muito difíceis devido à falta de conhecimento sobre as obrigações brasileiras no âmbito da Convenção, legislação relacionada, custos e benefícios envolvidos para as instituições participantes.

Apesar dessas dificuldades, tem-se procurado ampliar a educação, a conscientização pública e o treinamento sobre as questões relacionadas à mudança do clima.

Diversos programas educacionais implementados no Brasil estão em consonância com os objetivos da Convenção. Em particular, cabe destacar o Programa Nacional de Educação Ambiental - PRONEA e a Política Nacional de Educação Ambiental - PNEA, que visam promover um amplo programa de educação ambiental. Também de grande importância são os programas PROCEL nas Escolas e CONPET nas Escolas, especialmente dirigidos para crianças e adolescentes por meio de parcerias com instituições de ensino. Seus objetivos são ampliar a consciência de professores e alunos sobre a importância de usar a energia elétrica, derivados de petróleo e gás natural da melhor forma e divulgar amplamente atitudes com esse fim.

O Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas - FBMC, presidido pelo Presidente da República, criado em 2000, visa promover a conscientização e a mobilização da sociedade em torno do tema mudança global do clima.

O site brasileiro sobre mudança do clima do Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT tem contribuído para o aumento da conscientização pública sobre o assunto, à medida que disponibiliza informações sobre todo o processo de negociação da Convenção, as principais referências sobre a ciência do clima e a preparação da Comunicação Nacional. Ademais, publicações em português (como a versão do texto oficial da Convenção e do Protocolo de Quioto), artigos de jornais e revistas, assim como a realização de seminários e debates, vêm ajudando na divulgação de um tema que até pouco tempo era totalmente desconhecido no país.

4.1 Educação Ambiental

O artigo 225, parágrafo 1º, inciso VI, da Constituição dispõe que: “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (...) Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao poder público (...) promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente.”

A evolução do conceito de educação ambiental fez surgir a necessidade de se criar um instrumento político no Brasil para ações nesse sentido. Em 1994, os Ministérios do Meio Ambiente - MMA, da Educação - MEC, da Cultura - MINC e da Ciência e Tecnologia - MCT elaboraram o Programa Nacional de Educação Ambiental - PRONEA, cumprindo mandato constitucional, além dos compromissos internacionais assumidos pelo país.

As ações do PRONEA orientam-se em duas perspectivas: a primeira destinada ao aprofundamento e à sistematização da educação ambiental para as gerações presentes e futuras, tendo o sistema escolar como seu instrumento; a segunda direciona-se à boa gestão ambiental, visando a formação da consciência pública ou a produção de informação adequada nos mais diversos segmentos da sociedade. De acordo com essa perspectiva, o objetivo é atingir, prioritariamente, três segmentos da sociedade:

- detentores do poder decisório nas organizações ou da capacidade de influir nas decisões que venham a afetar a questão ambiental;
- usuários de recursos naturais;
- atuantes nos meios de comunicação e comunicadores sociais em geral.

Embora a necessidade de reformular este programa, ele continua em vigor e deve ser adequado à Lei nº 9.795, de 1999, que criou a Política Nacional de Educação Ambiental.

Sancionada pelo Presidente da República, em 27 de abril de 1999, a Lei nº 9.795 “dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências”. A lei reconhece a educação ambiental como um componente importante, essencial e permanente em todo processo educativo, formal e/ou não-formal, como orientam os artigos 205 e 225 da Constituição Federal.

A Política Nacional de Educação Ambiental - PNEA é uma proposta programática de promoção da educação ambiental em todos os setores da sociedade. Diferente de outras leis, não estabelece regras ou sanções, mas estabelece responsabilidades e obrigações.

Ao definir responsabilidades e inseri-las na pauta dos diversos setores da sociedade, a PNEA institucionaliza a educação ambiental e legaliza seus princípios, transformando-a em objeto de políticas públicas, além de fornecer à sociedade um instrumento de cobrança para a promoção da educação ambiental. Finalmente, a PNEA legaliza a obrigatoriedade de trabalhar o tema ambiental de forma transversal, conforme foi proposto pelos Parâmetros e Diretrizes Curriculares Nacionais⁵⁴.

A Secretaria de Educação Fundamental do MEC, por meio da Coordenação de Educação Ambiental - COEA, tem como missão formular e propor políticas de qualidade para o ensino fundamental; apoiar os sistemas de ensino estaduais e municipais; e promover e ampliar as condições do aluno para o exercício da cidadania.

Para alcançar sua missão, a COEA, segundo orientações da PNEA, definiu duas linhas de ações prioritárias: projetos de educação ambiental no convívio escolar e inserção de temas do meio ambiente nas disciplinas do ensino fundamental.

⁵⁴Durante um ano a Câmara Técnica de Educação Ambiental do CONAMA, presidida pela COEA/MEC, discutiu propostas para regulamentação da lei. Em 25 de junho de 2002, foi assinado pelo Presidente da República a regulamentação da Lei nº 9.795 pelo Decreto nº 4.281.

Outras Iniciativas

- Parâmetros Curriculares Nacionais do MEC: identifica a dimensão ambiental como um tema transversal e de abordagem interdisciplinar, ressaltando a necessidade da formação de cidadãos conscientes, aptos para decidirem e atuarem na realidade socioambiental de um modo comprometido com a vida, com o bem-estar de cada um e da sociedade, no nível local e global.
- Projeto de Capacitação, Acompanhamento e Desenvolvimento de Educadores em Educação Ambiental: de responsabilidade da COEA e da Diretoria do Programa Nacional de Educação Ambiental do MMA, é executado dentro do Acordo Brasil/UNESCO, com o objetivo de promover a consolidação e o desenvolvimento da educação ambiental no país, no âmbito formal e não formal.
- Fomentos a Projetos Integrados de Educação Ambiental: executada pelo Fundo Nacional do Meio Ambiente - FNMA, tem como objetivo apoiar projetos integrados que visem a conscientização e a educação comunitária, a capacitação e o treinamento visando a proteção e a conservação ambiental.

4.2 Programas de Educação em Conservação de Energia Elétrica e Uso Racional de Derivados de Petróleo e Gás Natural

4.2.1 O PROCEL nas Escolas

O PROCEL nas Escolas é uma ação desenvolvida pelo PROCEL (vide item 1.2.2.2) dirigida para as crianças e adolescentes, por meio de instituições de ensino.

Com a assinatura de um Acordo de Cooperação Técnica entre o MME e o MEC, em dezembro de 1993, foram estabelecidas as diretrizes para as ações do PROCEL nas Escolas, que decidiu:

- capacitar os professores de nível fundamental e médio para trabalharem, com seus alunos, os aspectos do combate ao desperdício de eletricidade, incluindo o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial - SENAI e o Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial - SENAC;
- desenvolver materiais pedagógicos e didáticos sobre energia, a serem distribuídos gratuitamente aos corpos docente e discente;
- estabelecer uma forma de envolver os alunos de escolas técnicas de nível médio e das instituições de ensino superior, no sentido de utilizar os recursos tecnológicos de combate ao desperdício de energia e de criar uma mudança de hábito na sua utilização.

Participam do PROCEL nas Escolas 24 estados da Federação e o Distrito Federal. Atualmente, realiza-se a sua expansão para todo o país. No início do programa, os trabalhos

de expansão tiveram como público-alvo as escolas públicas, devido à facilidade de firmarem os acordos de cooperação técnica com as Secretarias de Educação, tanto municipais como estaduais. As escolas particulares também fazem parte do público alvo do PROCEL nas Escolas, uma vez que já foi assinado um acordo de cooperação técnica entre a Eletrobrás/PROCEL e a Federação Interestadual de Escolas Particulares - FIEP.

Tabela 4.2.1 - Resultados do PROCEL nas Escolas

	Alunos treinados
1989-1994	800.000
1995-1997	791.375
Total	1.591.375
Energia total economizada	84 kWh/ano/aluno*
1997	33,5 milhões kWh
1989-1997	133,67 milhões kWh

*Verificado pelo acompanhamento da conta de luz das famílias dos alunos durante alguns meses após a conclusão do curso.

4.2.2 O CONPET na Escola

O CONPET na Escola é um projeto de educação, criado com o objetivo de transmitir ao professor informações e conhecimentos sobre petróleo, seus derivados e gás natural (vide item 1.2.2.3). O projeto também trabalha conceitos relativos ao uso racional desses energéticos, além de ampliar o universo de conhecimento do aluno, no sentido de conscientizá-lo sobre a importância das questões relacionadas à sociedade, à natureza e à preservação dos recursos naturais e do meio ambiente, estimulando-o a usar racionalmente esses recursos e, em particular, os derivados de petróleo e gás natural. O projeto é amplo e envolve os alunos de 1º e 2º graus das redes de ensino público e privado.

A metodologia, aplicada com sucesso desde 1992, consiste em trabalhar com o professor e não diretamente com os alunos, pois além de ser a forma mais eficiente, torna o processo permanente. Assim, é oferecido ao professor um programa de aperfeiçoamento sobre petróleo, seus derivados e gás natural, no sentido de sensibilizá-lo para o engajamento no projeto e facilitar o desenvolvimento do assunto em sala de aula. O curso é ministrado a determinado grupo de professores por escola, que participam voluntariamente, ficando responsáveis pela multiplicação dos conhecimentos recebidos aos demais professores e pela coordenação interdisciplinar do tema.

O desenvolvimento dos trabalhos do projeto CONPET na Escola é descentralizado, participativo e aberto a todas as instituições de ensino do país, tanto públicas quanto privadas. As instituições interessadas em participar devem firmar um convênio de cooperação técnica com o CONPET. Os resultados do programa, até 1998, estão expressos na Tabela 4.2.2 abaixo:

Tabela 4.2.2 - Resultados do CONPET

Estado	Municípios	Escolas	Professores	Alunos	Kits distribuídos
Bahia	164	724	1.927	504.800	724
Mato Grosso do Sul	10	110	178	68.100	110
Rio de Janeiro	47	381	982	243.857	381
São Paulo	7	24	63	12.000	24
TOTAL	228	1.239	3.150	828.757	1.239



4.3 Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas

Por meio do Decreto nº 3.515, de 20 de junho de 2000, foi criado o Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas - FBMC, presidido pelo Presidente da República, com o objetivo de conscientizar e mobilizar a sociedade sobre o tema da mudança global do clima.

As organizações não-governamentais brasileiras, o setor privado e a comunidade acadêmica vêm manifestando o interesse de ampliar o debate sobre a matéria, de modo a permitir uma maior integração dos diversos atores sociais, aumentando a consciência da sociedade sobre os desafios que o tema de mudança do clima envolve.

Assim, o FBMC tem por objetivo ser uma instância pública de debates sobre o tema, que visa conscientizar e mobilizar a sociedade para a discussão e posicionamento sobre os problemas decorrentes da mudança do clima, bem como sobre o MDL.

O Fórum conta com a participação de Ministros de Estado, bem como personalidades e representantes da sociedade civil, designadas pelo Presidente da República, com notório conhecimento, ou que sejam agentes com responsabilidade sobre mudança do clima.

O FBMC vem, desde a sua criação, promovendo várias atividades e divulgando informações diversas relacionadas ao tema da mudança global do clima, as quais podem ser verificadas na página <http://www.forumclimabr.org.br>.

4.4 Aumentando a Conscientização no Brasil sobre as Questões Relativas à Mudança do Clima

4.4.1 Homepage Brasileira na Internet sobre Mudança do Clima

A construção de um site sobre mudança do clima na *World Wide Web*, iniciada em setembro de 1995, quando a Internet era ainda incipiente no Brasil, foi uma idéia pioneira e inovadora que tem colaborado com o desenvolvimento da Comunicação Nacional do Brasil e contribuído para o aumento da conscientização pública sobre o assunto no país. O site (<http://www.mct.gov.br/clima>) constitui, assim, uma ferramenta importante para a implementação dos compromissos brasileiros assumidos no âmbito da Convenção do Clima.

Refletindo todo o processo de preparação da Comunicação Nacional, o site reúne e disponibiliza toda a informação gerada por diversas instituições e especialistas envolvidos na preparação de inventários e documentos, incluindo as informações para contato de cada especialista responsável pela preparação de cada documento.

A divulgação pela Internet de todo o material produzido aumenta a qualidade e a confiabilidade do trabalho, assegurando transparência e possibilitando participação de especialistas não envolvidos diretamente no processo, mas que desejem fazer comentários e críticas.

Dessa forma, a página de mudança do clima na Internet tem fortalecido a capacidade da unidade de coordenação e ajudado a descentralizar a preparação da Comunicação Nacional, permitindo um envolvimento completo de todas as instituições relevantes, independentemente de suas localizações.

Também possibilita que textos importantes sejam disponibilizados para todo o Brasil em português, como a

íntegra do texto da Convenção e do Protocolo de Quioto; documentos relativos às negociações no âmbito da Convenção, em especial decisões das Conferências das Partes; e documentos, discursos e propostas que refletem a posição brasileira sobre o tema. Além disso, aponta para informações existentes na Internet relacionadas à mudança do clima consideradas relevantes, contendo tanto informações para iniciantes quanto dados científicos bem detalhados (como os relatórios do IPCC).

Além de ser o local onde a informação é divulgada, a página na Internet também é o lugar onde a informação pode ser obtida, pois deixa claro quais são as atribuições da unidade de coordenação, identificando quem é quem e informando como fazer solicitações e encaminhar perguntas. A Internet tem sido um meio eficaz de colocar o público externo em contato direto com a equipe da Coordenação, que tem procurado esclarecer dúvidas de estudantes, jornalistas e profissionais de outras áreas.

Como é desenvolvido em três línguas⁵⁵ — português, espanhol e inglês — o site brasileiro de mudança do clima extrapola o público do país. Sendo, também, dessa forma fonte de referência internacional, o que facilita a inserção do Brasil no debate global sobre mudança do clima.

Até 17 de fevereiro de 2000, estavam disponíveis cerca de 3.000 páginas nas três línguas, de acordo com a Tabela 4.4.1 abaixo:

Tabela 4.4.1 - Número de páginas na homepage do MCT em 2000

	Português	Inglês	Espanhol	Total
Número de Páginas	992	952	976	2.920
Tamanho (kb)	4.862,5	4.800,9	4.702,8	14.366,2

De forma geral, o uso da Internet tem contribuído para garantir a qualidade do trabalho, facilitando a conscientização pública, permitindo uma melhor disseminação das informações e um maior alcance da Convenção e sua implementação no Brasil. Esse esforço, contudo, não deixa de ter limitações, como a pequena disponibilidade de acesso à Internet no Brasil, atualmente restrita apenas a uma parcela da sociedade. No entanto, as condições de rede estão evoluindo rapidamente (estima-se 11,6 milhões de usuários brasileiros em 2001, ou cerca de 8% da população), o que projeta essa iniciativa ao futuro, quando serão colhidos e distribuídos com profusão os frutos do trabalho iniciado em 1995.

4.4.2 Versão em Português de Documentos Oficiais da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima e do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima

Como já exposto, uma das maiores dificuldades encontradas para a ampliação da conscientização sobre as questões relativas à mudança do clima no Brasil é a existência de pouco material de leitura disponível em português. Obviamente, a superação dessa dificuldade é algo que requer tempo e recursos.

⁵⁵ Foi firmado, em 2002, um acordo com a Missão Interministerial de Mudança do Clima (*Mission Interministérielle de l'Effet de Serre*) do governo francês visando financiar a versão da homepage da Coordenação-Geral de Mudanças Globais para o idioma francês, que está em fase de implementação.

Assim, seguindo um critério de identificação de prioridades, a versão e a publicação em português do texto oficial da Convenção era uma escolha natural como primeiro passo para a divulgação do tema no país. Em 1996, o texto foi traduzido e editado no Brasil pelos Ministérios da Ciência e Tecnologia - MCT e das Relações Exteriores - MRE. Com o apoio do Secretariado Permanente da Convenção, o texto em português foi publicado pela Unidade de Informações sobre Mudança do Clima - IUC do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - PNUMA, com uma tiragem inicial de 3.000 exemplares.

Em 2000, com a criação do Programa de Mudanças Climáticas do Governo Federal, o texto do Protocolo de Quioto foi traduzido e editado em português pelo MCT e MRE. Com o apoio do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD, publicado com uma tiragem inicial de 3.000 exemplares.

Também já foram traduzidos e publicados o relatório da Segunda Avaliação do IPCC - Mudança do Clima 1995 e o relatório Mudança do Clima 1995 - A Ciência da Mudança do Clima, contendo um sumário para formuladores de políticas e um sumário técnico do relatório do Grupo de Trabalho I do IPCC.

É importante ressaltar que a versão em português desses documentos também encontra-se disponível em meio eletrônico no site da Coordenação-Geral de Mudanças Globais (*vide* <http://www.mct.gov.br/clima>), sendo instrumento chave no processo de conscientização pública do tema não apenas no Brasil, mas facilitando a compreensão do mesmo por pessoas de outros países que têm o português como língua materna (Portugal, Angola, Moçambique, Guiné-Bissau, Cabo Verde, São Tomé e Príncipe, Timor Leste).

4.4.3 Pesquisa de Conscientização sobre Mudança do Clima

De março a julho de 1998, a Coordenação-Geral de Mudanças Globais do MCT realizou uma pesquisa para analisar e identificar as circunstâncias e as necessidades particulares do Brasil no tocante à conscientização sobre mudança do clima.

A pesquisa explorou o contexto onde deve ocorrer um aumento da conscientização, quais devem ser os públicos alvo, que tipo de mídia ou canais seriam os mais eficientes para atingi-los e quais seriam os possíveis parceiros em um programa de conscientização sobre mudança do clima.

Os principais itens e resultados levantados na pesquisa foram:

Nível de conscientização sobre mudança do clima, avaliado em quatro questões:

Identificou-se que há um nível excelente de conscientização sobre mudança do clima entre os entrevistados, sendo apenas inferior aos níveis de conscientização sobre variação climática/eventos extremos e HIV/AIDS. O alto nível de conscientização sobre a Convenção de Mudança do Clima foi surpreendente, sendo superior até mesmo ao nível de conscientização sobre a própria questão do aquecimento global. As respostas indicam um bom conhecimento geral, apesar da confusão entre destruição da camada de ozônio e questões relacionadas à mudança do clima.

Detectou-se que as quatro questões consideradas principais que afetarão a qualidade de vida no Brasil são a má distribuição de renda, o desemprego, o aumento do crime e da violência e o uso de drogas ilegais. O resultado da pesquisa confirma a tese de que a mudança do clima não é

vista como um tema prioritário pelos entrevistados, ao se considerar a maior prioridade dada aos temas sociais do país.

Há uma divisão política clara de opinião: metade dos entrevistados se opõe e a outra é a favor da aceitação de compromissos de redução de emissões de gases de efeito estufa pelos países em desenvolvimento. Mas ambos os lados reconhecem que o desenvolvimento econômico pode ser alcançado simultaneamente com a proteção do meio ambiente.

Em relação à pergunta de qual deve ser o público alvo num eventual programa de conscientização, pôde-se observar que uma prioridade maior foi atribuída aos líderes empresariais e funcionários governamentais, seguidos dos jornalistas e líderes civis. Deve-se notar também que o grupo de professores escolares apresenta média próxima aos grupos considerados mais prioritários. Os estudantes, de nível secundário ou de nível universitário, foram considerados como o público alvo menos prioritário para um programa de conscientização.

Questões mais significativas relacionadas à mudança do clima no Brasil, em ordem de importância, são:

Setor Energético: todos os entrevistados mencionaram o setor energético como sendo uma das questões mais importantes relacionadas à mudança do clima, lembrando as conseqüências de nossa matriz energética — basicamente hidreletricidade — sobre os recursos hídricos nacionais e os efeitos de medidas de mitigação sobre o desenvolvimento desse setor.

Florestas: a relevância dessa questão deriva principalmente da contribuição brasileira para as emissões de gases de efeito estufa, resultantes do desflorestamento na Amazônia e não do consumo de combustíveis fósseis. A questão do desflorestamento foi considerada não apenas uma preocupação para muitos brasileiros, mas também uma questão política importante devido à pressão externa nos *fora* internacionais.

Eventos Climáticos Extremos: também foram levantadas preocupações sobre os efeitos da mudança do clima no que diz respeito aos eventos climáticos extremos, especialmente enchentes e secas. Nas entrevistas expressou-se preocupação com os efeitos da mudança do clima somados às condições climáticas brasileiras, que representam a maior variabilidade interanual relativa do mundo.

Biodiversidade: foi apontada entre as questões mais importantes, uma vez que uma das características marcantes do país é sua grande diversidade de recursos naturais. Portanto, foi mencionada a necessidade de se adotar práticas agrícolas e florestais que não gerem impactos climáticos negativos e que preservem a biomassa e a diversidade biológica do país.

Recursos Hídricos: essa questão está intimamente relacionada às questões do setor energético, visto que a matriz energética brasileira consiste basicamente de hidreletricidade. Além disso, tem havido uma maior conscientização a respeito da gravidade da crise hídrica mundial e seus efeitos sobre a vida cotidiana. Outra questão mencionada foi o aumento da temperatura causado pelo fenômeno *El Niño* e seus efeitos, como o aumento de enchentes no sul do país e de secas na região Nordeste do Brasil.

Desertificação: mais de 1 milhão de km² do território brasileiro sofre de um processo de desertificação e outros 100.000 km² encontram-se em condições graves. Além disso, a desertificação resultante de verões prolongados e secos pode aumentar na região Nordeste do Brasil.



4.4.4 Outras Atividades

4.4.4.1 Publicações

Com o objetivo de ampliar o número de publicações sobre mudança do clima em língua portuguesa, entre 1997 e 2000, a Coordenação-Geral de Mudanças Globais com o apoio de parceiros, realizou as seguintes atividades:

- publicação dos resultados do *Workshop* "Intercâmbio de Experiências Latino-Americanas sobre a Elaboração das Comunicações Nacionais", realizado em Itaipu de 30 de setembro a 2 de outubro de 1997;
- publicação do relatório Inventário Nacional de Emissões de Metano pelo Manejo de Resíduos, em parceria com o Governo do Estado de São Paulo, Secretaria de Meio Ambiente, CETESB, PNUD, *US Country Studies* e MCT, 1998;
- publicação da Memória do *Workshop* Mudanças Climáticas Globais e a Agropecuária Brasileira, realizado em Campinas, São Paulo, de 16 a 17 de junho de 1999;
- publicação do livro *Eficiência Energética Integrando Usos e Reduzindo Desperdícios*, em parceria com a ANEEL, a ANP e o MCT, 1999;
- publicação do livro *O Estado das Águas no Brasil — 1999 — Perspectivas de Gestão e Informação de Recursos Hídricos*, em parceria com a ANEEL, o MME, o MMA e o MCT, 1999;
- publicação de 900 cartilhas *Efeito Estufa e a Convenção sobre Mudança do Clima*, em parceria com o BNDES, 1999.

4.4.4.2 Seminários e Debates

Entre 1997 e 2000 foram realizados cerca de 150 eventos sobre mudança do clima no país. Além disso, o Brasil realizou dois eventos do IPCC (um sobre o artigo 2^o da Convenção, realizado em Fortaleza, em 1994; e outro sobre o *Good Practice in Inventory Preparation - Emissions from waste*, realizado em São Paulo, em 1999, com o apoio do Governo Estadual). A iniciativa desses eventos era basicamente de órgãos ligados ao Governo Federal. Entretanto, a parceria com universidades e institutos de pesquisas, estabelecida na busca de superar as dificuldades metodológicas encontradas para o levantamento do Inventário Brasileiro de Emissões, tem despertado o interesse destes em promover eventos sobre o tema. Ademais, constata-se que o processo de regulamentação do MDL tem provocado grande interesse no empresariado e em associações de classe, que também têm promovido seminários, cursos e debates sobre o tema.

4.4.4.3 Revistas e Jornais

A imprensa brasileira vem, gradualmente, sendo sensibilizada em relação à mudança do clima e o número de artigos em jornais e revistas sobre o assunto aumentou consideravelmente. A imprensa nacional passou a acompanhar mais atentamente o tema a partir das negociações do Protocolo de Quioto, especialmente devido à apresentação pela delegação brasileira de elementos de um protocolo para a CQNUMC em resposta ao Mandato de Berlim, mais conhecidos como Proposta Brasileira (*vide* item 3.7). O processo de regulamentação do MDL, que teve sua origem na Proposta Brasileira, e suas implicações no cenário político-econômico brasileiro desperta cada vez mais o interesse da imprensa.

Tabela 4.4.2 - Número de artigos em revistas e jornais de grande circulação no Brasil citando o problema do efeito estufa

	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Número de citações	11	20	300	240	306	473

Jornalistas especializados em questões ambientais e o espaço editorial dado a especialistas e cientistas brasileiros na mídia impressa têm ajudado consideravelmente na conscientização pública sobre mudança do clima.

4.4.4.4 Rádio, TV e Internet

Tal qual a imprensa escrita, outros veículos de comunicação têm acompanhado as questões relativas à mudança do clima. Várias emissoras de rádio e de TV, tanto em canais abertos como em canais por assinatura, têm veiculado programas abordando esse tema, incluindo debates e entrevistas, principalmente quando da realização de reuniões internacionais, por exemplo, Conferências das Partes da Convenção do Clima, ou eventos nacionais relacionados às mudanças globais. O MDL e seu processo de regulamentação são também assuntos de destaque relacionados ao tema.

Verifica-se igualmente uma grande divulgação de informações sobre mudança do clima na Internet, sendo que já existem vários sites especializados no assunto, além da página do MCT, de outros órgãos da administração pública, entidades ambientais, ONGs e agências de notícias.

Efeitos da Mudança Global do Clima nos Ecossistemas Marinhos e Terrestres





5 EFEITOS DA MUDANÇA GLOBAL DO CLIMA NOS ECOSISTEMAS MARINHOS E TERRESTRES

Devido às limitações, tanto humanas quanto financeiras, o Governo Brasileiro definiu como estratégia, no início das atividades de implementação da Convenção, dar ênfase aos estudos visando a preparação do Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas Líquidas de Gases de Efeito Estufa. A pequena bibliografia existente, sobre vulnerabilidade e adaptação aos efeitos da mudança do clima no Brasil, foi analisada neste documento. Em 2000, com a inclusão do tema de mudança do clima no Plano Plurianual - PPA, 2000-2003, foram iniciados estudos sobre vulnerabilidade à mudança do clima, dando-se ênfase à saúde, agricultura e branqueamento de corais.

O presente capítulo visa entender as interações diretas e indiretas entre clima e sociedade no Brasil. Alguns estudos de casos do impacto de alterações climáticas foram identificados e apresentados como exemplos de pesquisas que precisam ser aprofundadas, identificando os efeitos adversos da seca no Nordeste, bem como em outras regiões do país.

Secas, inundações e geadas têm causado perdas de milhões de dólares e são responsáveis por um considerável número de mortes. O setor agrícola é o mais afetado pelas secas, mas outros setores, como a geração de energia hidrelétrica, também sofrem seus efeitos. Enchentes representam um grande problema em várias regiões, incluindo a Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Geadas são fenômenos que causam grande preocupação nas regiões Sul e Sudeste. Outros efeitos podem ser percebidos na zona costeira em virtude do aumento do nível do mar; efeitos na saúde, em especial a expansão da malária e da dengue.

A vulnerabilidade costeira deve ser considerada pelas autoridades municipais, estaduais e federais, sendo importante a implementação de uma abordagem preventiva quando da seleção de locais para a expansão urbana e a localização de indústrias. Uma avaliação das medidas possíveis de mitigação será importante para evitar os altos custos de proteger áreas afetadas ou de melhorar estruturas costeiras para um dado aumento do nível do mar.

A transmissão de várias doenças infecciosas é particularmente sensível às alterações climáticas, especialmente aquelas transmitidas por mosquitos, como, por exemplo, a malária. No Brasil, a região Amazônica é uma das áreas mais vulneráveis a esses problemas, considerando que o seu ambiente natural é o mais favorável ao aumento de doenças na qual a reprodução dos vetores e parasitas beneficiam-se das condições climáticas de altas temperaturas e umidade, além da grande disponibilidade de água. Outros impactos na saúde podem ser secundários aos impactos da mudança do clima nos sistemas sociais e ecológicos, incluindo mudança na produção de alimentos, deslocamento de populações e problemas econômicos.

O Brasil é um país de dimensões continentais, com regiões muito diferentes entre si, como a Amazônia, o semi-árido do Nordeste, o Centro-Oeste, as pradarias no Sul e o Pantanal. Cada região específica poderá ter diferentes características climáticas no futuro. O conhecimento atual das dimensões regionais da mudança global do clima, entretanto, é ainda muito fragmentado, devido à falta de cenários do clima no país.

Há, portanto, a necessidade de desenvolvimento de modelos de clima de longo prazo com resolução espacial adequada para análise regional, o que criará condições para a elaboração de cenários de futuros de mudança do clima com

diferentes concentrações de CO₂ na atmosfera e análise dos impactos dessa mudança sobre o Brasil.

5.1 Região Semi-árida

5.1.1 Redução dos impactos negativos de eventos extremos

O *El Niño* Oscilação Sul - ENOS é o modo dominante de variabilidade climática interanual de escala planetária. Seu impacto é mundial, associado ao deslocamento da circulação tropical em larga escala. Muitas áreas tropicais, incluindo o Brasil, são diretamente afetadas pelas secas ou condições de seca ligadas à ocorrência da fase quente do ENOS e de maneira análoga na fase fria. As conseqüências englobam efeitos sócio-ambientais.

No nordeste do Brasil, onde muitas secas severas estão associadas à ocorrência do ENOS, previsões estatísticas e dinâmicas são usadas com sucesso para reduzir os impactos negativos desses eventos extremos.

Como exemplo, o governo do Ceará, por meio de ações nos setores agrícola e hídrico, tem demonstrado que é possível evitar êxodo populacional à medida que são criadas condições para a prática de agricultura de subsistência razoável, incentivando a produção agrícola e selecionando sementes mais resistentes à falta de água.

Torna-se claro que uma estratégia bem estabelecida deve ser adotada para que sejam produzidas informações climáticas, facilitando aos usuários o acesso às informações, agregando valor econômico e social nos processo de decisão.

5.1.2 Produção de Sal

A região Nordeste do Brasil é um local ideal para a formação de salinas, devido a sua longa extensão costeira, muitas horas de sol por ano, chuvas restritas a uma estação bem definida, margens calmas e ventos soprando constantemente; sendo, dessa forma, a maior produtora nacional de sal.

As condições climáticas têm um papel importante na operação das salinas. Por sua natureza, as salinas desenvolvem-se nas secas, fornecendo uma oportunidade contra-cíclica para os trabalhadores durante o verão sem chuva, ou mesmo em verões secos, nos quais a estação chuvosa não se materializa.

A indústria de sal é muito sensível às variações do clima, especialmente nas salinas que utilizam baixa tecnologia. Dois exemplos são os estados do Rio Grande do Norte e do Ceará. No primeiro, a produção foi baseada no capital e na capacidade empreendedora local, com baixa tecnologia. Já no segundo, a modernização da produção foi baseada no capital e espírito empreendedor atraídos do exterior, portanto com maior aporte de investimentos e tecnologia, gerando maior resistência dessa indústria às variações climáticas.

5.2 Zona Costeira

5.2.1 Efeitos do aumento do Nível do Mar

Há uma evidência cada vez maior de erosão à beira-mar em diferentes partes da costa brasileira. Contudo, a maior parte dos estudos geomorfológicos tem-se limitado a áreas inerentemente instáveis e dinâmicas, tais como enseadas e barras na foz de rios, ou a áreas afetadas por obras de engenharia. Esses casos não podem ser considerados como evidência de erosão devido ao aumento do nível do mar, pois

a falta de suprimento de sedimento, o aumento da intensidade de tempestades, os movimentos tectônicos locais e a interferência humana podem também contribuir para a erosão.

A ausência de medidas de nível do mar em um horizonte temporal maior e de registros topográficos e cartográficos torna difícil situar mudanças contemporâneas da costa numa perspectiva de longo prazo. De qualquer maneira, conclusões preliminares apontam para a necessidade de se começar uma pesquisa abrangente sobre os impactos potenciais de um aumento do nível do mar no Brasil.

Apesar de a informação disponível ser limitada, o Brasil já participa do programa GOOS (*vide* item 3.1) da Comissão Intergovernamental Oceanográfica - IOC/UNESCO, localmente coordenado pela Diretoria de Hidrografia e Navegação - DHN da Marinha brasileira e que envolve diversos órgãos governamentais, universidades e companhias portuárias privadas. Dez marégrafos foram instalados no Brasil, inclusive três estações em ilhas oceânicas, estando todos ligados à rede geodésica nacional. Adicionalmente, uma rede de estações sobre marés nos portos que apoia as estações GOOS está sob análise, portanto, dados mais precisos sobre o nível relativo do mar poderão estar disponíveis para o Brasil no futuro.

5.2.1.1 Conseqüências Potenciais de um Aumento do Nível do Mar

Região Norte

Problemas de salinização não têm sido identificados até o momento, mas a destruição em larga escala de manguezais na frente oceânica é relatada na Região Norte, além da observação de falésias em ativo processo de erosão.

Para toda a região, uma elevação do nível do mar aumentará significativamente a propagação das marés nos rios. Inundações ao longo dos vales dos rios serão lateralmente confinadas pelas áreas elevadas adjacentes. Dependendo da quantidade de sedimento, áreas baixas de aluvião, como na Ilha de Marajó na foz do rio Amazonas, podem ser inundadas. Contudo, conseqüências econômicas importantes não são esperadas, uma vez que a densidade de ocupação humana é em geral baixa e habituada a enfrentar inundações periódicas dos rios.

Região Nordeste

Em muitas localidades, as falésias fósseis irão restringir a extensão territorial de qualquer efeito de uma elevação maior do nível do mar. Manguezais, localizados nas áreas baixas das planícies costeiras, em estuários, ao redor de lagoas costeiras e em áreas agrícolas em vales ribeirinhos temporariamente alagados, serão afetados. Problemas mais sérios ocorrerão em cidades costeiras como Recife, Aracaju e Maceió onde a urbanização se expandiu para áreas baixas e alagamentos já ocorrem, especialmente quando chuvas fortes coincidem com marés de primavera. Problemas de drenagem e de inundação afetarão as áreas baixas das planícies costeiras do litoral ao redor das baías de São Marcos - MA e de Todos os Santos - BA.

A descarga dos rios na região é usualmente muito pequena, exceto durante a estação chuvosa. A maior parte dos estuários está sujeita somente a correntes de marés. Considerando um aumento do nível do mar, as inundações dos vales dos rios aumentaria o prisma das marés e, por sua vez, aumentaria a capacidade desses canais formados pelas marés de se comportarem como armadilhas para os sedimentos, influenciando, portanto, o balanço de sedimentos ao longo do litoral.

A água do subsolo é uma fonte usual para muitas comunidades costeiras. O aumento da população e do nível do mar têm implicações importantes para esse recurso, podendo haver intrusão salina. Ademais, retiradas excessivas de água do subsolo podem causar desmoronamentos.

Região Sudeste

As diversas feições morfológicas da zona costeira dessa região (cordões litorâneos, pequenas praias, costões rochosos, lagoas, baías, estuários) responderão de maneira diferenciada a um aumento do nível do mar. Alguns lugares já apresentam sinais de erosão, apesar da pequena interferência antrópica. Em outros lugares, a mineração intensiva de areia nas dunas, nas praias e em canais de maré tem contribuído para um déficit no balanço de sedimentos, tornando essas áreas mais vulneráveis ao aumento do nível do mar.

Região Sul

Na costa do Paraná foram verificados processos de erosão e de acumulação. Em Santa Catarina, a exposição de turfa na base da falésia, em contato com a berma da praia, indica uma tendência de longo prazo de retrogradação. Nas margens da Lagoa dos Patos - RS a erosão é interpretada como uma indicação do aumento relativo do nível do mar.

Intrusão salina nas lagoas costeiras traria conseqüências locais à pesca; no caso da Lagoa dos Patos, onde sua água também é utilizada para irrigação, o problema causaria maiores preocupações.

Outras implicações

As implicações gerais de um aumento do nível do mar nos manguezais, portos e terminais, bem como na ocupação humana do litoral brasileiro, já foram descritas anteriormente (*vide* Parte I, item 4.2).

É fundamental que estudos detalhados dos possíveis efeitos e respostas a cenários realistas de aumento do nível do mar sejam realizados ao longo da costa do Brasil. Os mesmos deverão incluir avaliações dos efeitos causados por tal evento, descrições das atividades econômicas que devem ser afetadas e acompanhamento crítico das mudanças físicas.

5.3 Branqueamento de Corais

Embora o branqueamento de corais tenha sido observado no Brasil já há algum tempo, estudos sistemáticos sobre as suas causas não foram publicadas até o registro (1993-1994) de um fenômeno de branqueamento extensivo das espécies dos corais *Mussismilia hispida* e *Madracis decactis* na costa do estado de São Paulo, que foi relacionado a um aumento anormal da temperatura das águas oceânicas.

Em Abrolhos - BA, duas ocorrências de branqueamento relacionam o fenômeno a um aumento da temperatura das águas superficiais: o primeiro ocorreu durante uma anomalia de temperatura no verão de 1994, quando 51 a 88% das colônias do gênero *Mussismilia* foram afetadas; e o segundo está relacionado com o forte evento *El Niño* que se iniciou no final de 1997 no oceano Pacífico e causou, também, um aumento da temperatura das águas costeiras. Durante esse evento, um outro *hot-spot* foi registrado na costa norte do estado da Bahia, sendo que em ambas localidades a temperatura da água atingiu cerca de 1°C acima da média anual observada nesses locais. No litoral



norte da Bahia, três espécies de corais, *Agaricia agaricites*, *Mussismilia hispida* e *Siderastrea stellata*, tiveram de 20 a 80% de suas colônias afetadas. Esse processo de branqueamento teve duração de cerca de seis meses, mas após um ano todas as colônias tinham se recuperado. Durante o evento de Abrolhos, foi observado que cerca de nove espécies de corais apresentaram suas colônias parcial ou totalmente branqueadas, com percentuais variando entre 10 a 90%.

Não somente no Brasil, mas em várias partes do globo, o fenômeno de branqueamento de corais parece coincidir com o aquecimento dos oceanos durante a ocorrência de eventos *El Niño*, evidenciando que pequenas variações da temperatura das águas superficiais podem causar alterações dos padrões climáticos, que afetam diretamente os ecossistemas tropicais, particularmente os recifes de corais.

A incidência e a severidade do fenômeno de branqueamento dos corais provocarão mudanças substanciais na estrutura das comunidades do ecossistema de recifes, que necessitarão ser cientificamente compreendidas para que se possa minimizar a deterioração das condições dos oceanos e suas implicações para a vida do nosso planeta.

Em decorrência dessa preocupação, no âmbito do Programa Mudanças Climáticas (vide item 7.3), do Plano Plurianual do Governo - PPA (Avança Brasil), foi firmado convênio entre o MCT, a Universidade Federal da Bahia - UFBA por meio de seu Centro de Pesquisa em Geofísica e Geologia e a Fundação de Apoio à Pesquisa e Extensão - FAPEX para o desenvolvimento de um estudo sobre as mudanças climáticas globais e o branqueamento de corais no Brasil.

Assim, está sendo desenvolvido um projeto que visa a elaboração de um estudo técnico-científico para avaliar os efeitos do aumento da temperatura da água do mar sobre os organismos fotossintetizantes dos corais, cuja perda causa-lhes branqueamento, bem como a capacidade desses corais de tolerar e/ou aclimatar-se diante dessas mudanças ambientais bruscas.

Os conhecimentos gerados nesse projeto irão produzir dados que servirão para um melhor entendimento sobre os processos responsáveis pelas alterações observadas na biota de recifes do Brasil, particularmente das áreas de recifes costeiras, mais rasas e mais susceptíveis às variações de temperatura das águas superficiais. Pretende-se, ainda nesse trabalho, aprimorar a metodologia de avaliação do branqueamento dos corais para subsidiar projetos que envolvam a gestão dos recifes de coral branqueados e/ou severamente danificados.

5.4 Enchentes

5.4.1 A cidade do Rio de Janeiro

O problema das enchentes no Rio de Janeiro é secular e resulta das características inadequadas do uso da terra da região e da falta de adequado manejo ambiental. Uma estratégia sustentável de longo prazo é necessária para reduzir significativamente os efeitos da mudança do clima.

A expansão não planejada das construções e falta de investimentos em infra-estrutura básica — tais como sistemas de drenagem, instalações de depósito de lixo e esgoto, estradas e construções — são responsáveis pelos impactos dos eventos meteorológicos extremos. Em seu estado original, a vegetação densa funcionava como uma excelente defesa contra a erosão e os desmoronamentos, no entanto, da cobertura verde original (Floresta Atlântica), pouco resta nos dias de hoje.

O Rio de Janeiro tem alta densidade populacional e sua taxa de urbanização é uma das maiores do Brasil. Uma parcela

muito pequena da população (menos de 5%) vive na zona rural. A maioria dos municípios da região metropolitana é completamente urbanizada. O êxodo rural, que começou no princípio do século XX, resultou em grande pobreza. O alto custo da terra e a falta de transporte público, gerou a ocupação de terras devolutas, em áreas sujeitas a enchentes ou em distritos afastados. Os assentamentos à beira das montanhas e nas margens dos rios e canais são característicos do desenvolvimento da Região Metropolitana do Rio de Janeiro nas últimas décadas. Entre as formas de uso da terra não controladas, a expansão das favelas é uma das mais insidiosas. O resultado é a deterioração do meio ambiente e a criação de grandes dificuldades para o governo em prover assistência urbana básica.

5.4.2 Enchentes no Pantanal

Diferentemente de outras áreas onde as enchentes resultam principalmente de práticas de uso da terra inadequadas no Pantanal as enchentes constituem um componente natural dos processos ambientais e têm um importante papel para o equilíbrio da região.

Ações antrópicas que resultam em prejuízo à cobertura natural, como as queimadas descontroladas nas altas terras da Bacia do Rio Paraguai, causam a aceleração da erosão do solo, esgotando-o, diminuem a retenção de água pelo solo, aumentam a velocidade do fluxo de água dos afluentes e o influxo dos sedimentos capazes de prejudicar o equilíbrio ecológico da região.

Alterações na parte mais alta da Bacia do Rio Paraguai podem ter conseqüências importantes para o Pantanal. De acordo com o IBAMA, a aniquilação de grande extensão da cobertura vegetal original pode causar distúrbios no domínio físico (equilíbrio de água e calor, clima, estrutura do solo, ventos), assim como na biosfera (destruição de várias formas de vida).

As enchentes do Pantanal fazem parte do cotidiano da região, onde o ecossistema alterna-se constantemente entre terrestre e aquático. Há três tipos principais de enchentes no Pantanal:

- ordinárias: pequenas, alcançando de 3 a 4 metros;
- intermediárias ou extraordinárias: regulares, freqüentes, alcançando de 4 a 5,5 metros; se há áreas para sua descarga, elas criam reservatórios naturais, são benéficas e não causam problemas econômicos e sociais; e
- excepcionais: alcançam de 5,5 a 6 metros e são raras, com sérias conseqüências sociais e econômicas, pois submergem pastagens, reduzem as áreas secas de descanso para o gado e causam sérios problemas devido ao atraso da drenagem da água e aos mecanismos de evapotranspiração.

De forma geral predomina no Pantanal enchentes intermediárias. Elas são responsáveis pela deposição fértil nas áreas inundadas de matéria aluvial, que após várias utilizações, é carregada para o Rio Paraguai. As enchentes também são fator importante na renovação da cobertura vegetal, principalmente nos campos limpos, nas depressões, baías, savanas e bordas de florestas, sendo responsáveis pela renovação da fauna e flora típicas do Pantanal.

Enquanto o ecossistema é rejuvenescido pelas enchentes, a economia sofre pela baixa na criação de gado, a principal atividade da região, porque as áreas de pastagem são reduzidas. Como resultado, o gado aglomera-se em torno das áreas inundadas e freqüentemente adentram essas áreas na busca por forragem, convertendo os terrenos mais

altos em pastagens, enquanto as cheias permanecem por causa da lenta drenagem. Assim, com enchentes mais rigorosas, haverá um desequilíbrio entre rebanho, pasto e lugares secos disponíveis.

Cheias excepcionais (acima de 6 metros) sempre causam perdas econômicas imprevistas, pois elas são geralmente acompanhadas por frentes frias que posteriormente aumentam o número de mortes do rebanho, além de muitas perdas causadas pelo estrago à infra-estrutura das fazendas.

Quando as enchentes ocorrem, grande parte da força de trabalho é dispersa porque há pouco a ser feito e os proprietários de gado geralmente se encontram em dificuldades financeiras. Além disso, a população que vive perto das margens e sobrevive da produção e da pesca de subsistência é desalojada pela alta das águas, buscando abrigo nas cidades vizinhas.

5.5 Geadas

5.5.1 Plantações de Café

O café é uma árvore pequena, de crescimento contínuo, que requer uma variação estreita de temperatura, numa média entre 16 e 23°C. O efeito da temperatura fora dessa amplitude dependerá do grau e da duração do desvio, assim como de outros fatores, como a umidade do solo, ventos e chuva.

Temperaturas elevadas deprimem o crescimento da planta e causam o desenvolvimento prematuro e o amadurecimento do fruto, com conseqüente perda da qualidade. Se uma onda de calor ocorrer durante o período de floração, há uma perda de rendimento. Sob luz intensa e direta, a fotossíntese começa a ser inibida acima de 24°C e cessa a 34°C.

O tempo frio também pode reduzir consideravelmente o crescimento da árvore de café. Abaixo de 12°C, o crescimento é completamente inibido, mas as maiores perdas ocorrem abaixo de 3°C, que é o ponto de congelamento interno do tecido das folhas. A mera presença de gelo numa árvore de café não necessariamente causa sérios danos; é o congelamento interno dos tecidos que deve ser evitado a qualquer custo, quando geadas atingem as plantações.

A extensão do estrago causado pelo frio dependerá somente da intensidade; sendo que temperaturas abaixo de 2°C próximas ao solo impedirão o crescimento dos caules das árvores jovens, uma condição que normalmente leva à morte dos tecidos afetados.

Percebe-se que a produção do café é afetada pela ocorrência de geadas e a extensão das perdas depende da severidade do evento.

5.5.2 Plantações de Laranja

Os cítricos são plantas de origem subtropical e sensíveis aos extremos de temperatura, que prejudicam a taxa de crescimento da planta, bem como o desenvolvimento do fruto. Alguns autores colocam a temperatura ótima para o desenvolvimento da cultura da laranja entre 22 e 23°C. Assim, como na produção de café, 12°C é a temperatura limite abaixo da qual a planta inicia um estágio zero de vegetação. No outro extremo, acima de 36°C, a atividade começa a diminuir sua intensidade, atingindo o mínimo a 42°C.

Geralmente, altas temperaturas queimam folhas e frutos. O efeito sobre as folhas é causado pela destruição da clorofila,

impedindo a ocorrência da fotossíntese e, conseqüentemente, o metabolismo e a nutrição da planta. Um efeito visível nas regiões equatoriais é o descoloramento da pele externa do fruto. Já que não há estação fria, as frutas mantêm sua cor verde depois do amadurecimento, o que causa problemas na venda dos frutos.

No caso dos cítricos destinados à produção de suco concentrado, altas temperaturas manifestam-se primariamente na formação do açúcar e na taxa de açúcar/acidez. Na ausência da estação fria, o amadurecimento ocorre a altas temperaturas, o que favorece a formação de açúcar em detrimento da acidez. Contudo, deve-se ressaltar que, havendo irrigação, os cítricos podem crescer em regiões áridas ou mesmo desérticas.

Baixas temperaturas também prejudicam as folhas, frutos e folhagem. A extensão do estrago dependerá não somente da intensidade do inverno, mas também de sua duração. Abaixo de 4°C, folhas e ramos começam a sofrer; uma geada de 2°C de dois dias pode causar sérias conseqüências. Entre 0,8 e 2,8°C, o fruto começa a mostrar sinais de estrago. O gelo causa a coagulação e a impermeabilidade das paredes das células, seguida da morte das mesmas.

Considerando-se que a maior parte do suco é exportada, os preços mundiais de mercado são outro fator determinante. É difícil precisar os efeitos das geadas, mas a medida que provocam reduções significativas na oferta, fazem com que o preço aumente. Contudo, não há exemplos envolvendo geadas no Brasil em relação à produção de laranja.

5.6 Saúde

Os eventos climáticos extremos (os temporais, as inundações e as secas) têm importante impacto na saúde da coletividade, quer ocasionando o aparecimento de surtos de doenças transmissíveis, quer provocando vítimas por acidentes.

Os cenários futuros associados à mudança climática global prevêem uma maior instabilidade dos fenômenos associados com a variabilidade climática, tornando as previsões mais difíceis e diminuindo a proteção à população.

O Brasil, pela sua localização geográfica e tamanho, é sujeito a fortes variações climáticas que conduzem a mudanças no meio ambiente, que favorece o surgimento de doenças infecciosas endêmicas sensíveis ao clima, tais como malária, dengue, cólera, leishmaniose (leishmaniose tegumentar e leishmaniose visceral), leptospirose e hantovirose. Os mecanismos de ação das variáveis climáticas podem ser diretos, tal como a criação de umidade ambiental favorável ao desenvolvimento e à dispersão de agentes infecciosos e vetores, e indiretos, como os processos de migração da população humana desencadeados pela seca e enchentes, provocando a redistribuição espacial das endemias e o aumento da vulnerabilidade social das comunidades. As doenças infecciosas endêmicas são responsáveis por uma elevada morbimortalidade, a qual depende da vulnerabilidade que as populações apresentam.

No âmbito do Programa Mudanças Climáticas (*vide* item 7.3), do PPA, coordenada pelo Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT, prevê-se o desenvolvimento de estudos sobre vulnerabilidade e adaptação aos impactos das mudanças climáticas.

Convênio entre o MCT, a Fundação Oswaldo Cruz - FIOCRUZ, por meio do Programa de Mudanças Ambientais Globais e Saúde - PMAGS, e a Associação Brasileira de Pós-Graduação



em Saúde Coletiva - ABRASCO foi firmado para o desenvolvimento de uma análise da vulnerabilidade da população brasileira aos impactos das mudanças climáticas.

Tal convênio tem como objetivo geral um estudo retrospectivo sobre vulnerabilidade socioambiental da população quando submetida a eventos climáticos extremos e a endemias sensíveis às oscilações climáticas. O convênio visa, ainda, desenvolver um sistema de informações geográficas - SIG, a partir do qual pode-se fazer prevenções de situações críticas que aumentam o risco da morbimortalidade pelas doenças selecionadas para o estudo.

A pesquisa que está sendo desenvolvida abrange todo o Brasil, porém, devido à grande dimensão territorial e à distribuição das doenças de forma heterogênea, é necessário um estudo de acordo com a realidade e as peculiaridades de cada região do país. Assim, foram selecionadas cinco doenças infecciosas endêmicas — malária, dengue, cólera, leptospirose e leishmaniose — por serem as que mais sofrem influência dos eventos climáticos. Tais doenças estão sendo analisadas dentro do contexto de cada região onde tem maior nível de endemicidade, como também estão sendo analisados os acidentes decorrentes dos eventos climáticos extremos em cada região (secas, inundações e tempestades), quando há registros históricos de sua ocorrência.

5.7 Setor Elétrico

As previsões quantitativas dos efeitos hidrológicos das alterações do clima são essenciais para compreender e resolver os problemas potenciais de recursos hídricos relacionados a geração de energia, agricultura, transporte e lazer, bem como para o planejamento e gestão de sistemas de recursos hídricos e proteção do meio ambiente.

Mudanças climáticas afetarão o projeto, a construção e a operação de empreendimentos relacionados aos recursos hídricos. Devido ao fato de terem longa vida útil, esses empreendimentos estarão sujeitos a condições climáticas para os quais não foram projetados. A vulnerabilidade de um sistema aumenta à medida que sua capacidade de adaptação diminui, ou quando o sistema não é flexível. A vulnerabilidade de sistemas socioeconômicos e de sistemas naturais depende de circunstâncias econômicas e de infraestrutura institucional. Assim, os sistemas são tipicamente mais vulneráveis em países em desenvolvimento, onde condições econômicas e institucionais são menos favoráveis.

Na área de energia, o Brasil apresenta-se altamente vulnerável às mudanças climáticas, devido à importância da geração hidrelétrica na matriz energética do país. Mesmo considerando as perspectivas de expansão do parque termelétrico nacional, o sistema brasileiro de produção energética continuará fortemente dependente da disponibilidade hídrica para a produção de energia firme e, portanto, para a garantia de atendimento da demanda.

Implementar pesquisas e monitoramento, por meio de cooperação entre instituições nacionais e internacionais, é essencial para aprimorar as projeções climáticas em escala regional, compreender as respostas dos sistemas naturais e socioeconômicos às variações climáticas e melhorar o conhecimento da eficácia e do custo-benefício das estratégias de adaptação a essas mudanças.

Em dezembro de 1998, a ANEEL, o MCT e o PNUD assinaram um Protocolo de Intenções visando a cooperação técnica para implementação de atividades relacionadas à pesquisa sobre mudança do clima no âmbito do setor elétrico brasileiro, com o objetivo de desenvolver ações referentes ao Inventário, vulnerabilidade climática do setor elétrico

brasileiro, medidas mitigadoras para redução dos riscos de mudanças climáticas globais e conscientização pública sobre mudança do clima.

Os trabalhos referentes ao inventário de emissões de gases de efeito estufa visam o aperfeiçoamento de metodologias para medições de emissões em reservatórios de centrais hidrelétricas e em centrais termelétricas, bem como o estabelecimento de uma sistemática de medições contínuas envolvendo as concessionárias de energia. Tal conhecimento representa item importante no traçado de novos cenários para o setor elétrico diante das mudanças climáticas globais e das perspectivas de expansão da geração por fontes térmicas.

5.8 Agricultura

O setor agroindustrial representa 7,5% do PIB do Brasil (IBGE, 2000) e emprega mais de 18 milhões de pessoas (IBGE, 1996), o que demonstra a grande importância do setor primário na absorção da mão-de-obra rural. Portanto, face à relevância socioeconômica da agricultura, justifica-se a atenção especial que deve ser direcionada aos estudos sobre os efeitos da mudança do clima no setor agropecuário. No entanto, são raros os estudos voltados a esse tema, podendo-se citar três pesquisas recentes.

Usando modelos de circulação geral - GCM, um desses estudos (SIQUEIRA *et al.*, 1994), apresenta projeções sobre os efeitos potenciais da mudança climática na agricultura brasileira, tomando como referência 13 diferentes localidades do país e as culturas de trigo, milho e soja. Os locais foram selecionados com base em estudos agroclimáticos, representando as principais regiões climáticas agrícolas brasileiras: subtropicais, tropicais de altitude, regiões tropicais, semi-áridas e equatorial/subequatorial.

Uma análise de sensibilidade foi conduzida em cada sítio para avaliar o efeito de alterações graduais na temperatura (0, +2°C e +4°C), na pluviosidade (0, +20%, -20%) e no nível de concentração atmosférica de CO₂ (550ppm) sobre a produção e fisiologia das culturas agrícolas.

Os simuladores utilizados nesse estudo foram: *Goddard Institute for Space Studies - GISS; Geophysical Fluid Dynamic Laboratory - GFDL; United Kingdom Meteorological Office - UKMO* e os simuladores de crescimento de culturas, desenvolvidos pelo IBSNAT: *CERES-Wheat version 2.10* para trigo; *CERES-Mayze* para milho; *Soybean crop growth simulation model - SOYGRO* para soja.

Os três GCM utilizados projetaram aumento de temperatura, alterações nas precipitações e pequenas variações na radiação solar. Estudos de análise de sensibilidade foram conduzidos posteriormente no intuito de avaliar o efeito das alterações climáticas nas culturas analisadas.

A partir dos resultados levantados, esse estudo estimou os efeitos das alterações climáticas na produção nacional dessas culturas, agregando os resultados obtidos em regiões e ponderando-os pelas respectivas áreas cultivadas de cada região. O impacto na produção de trigo seria grande (reduções de 33%, 18% e 34% para cenários dos modelos GISS, GFDL e UKMO, respectivamente). A produtividade nacional de milho também seria reduzida (11%, 11% e 16% nos cenários GISS, GFDL e UKMO, respectivamente). Entretanto, as estimativas nacionais de produtividade para a cultura da soja apresentaram aumentos de 26%, 23% e 18% para os cenários GISS, GFDL e UKMO, respectivamente.

Diferentes impactos sobre as regiões foram projetados nesses cenários, com a região Nordeste sendo

especialmente vulnerável aos decréscimos de produções de milho e a região Central e Centro-Sul sendo vulneráveis às reduções na produção de trigo. A região Sul seria vulnerável às reduções de trigo e de milho e a região Norte seria vulnerável às reduções de milho.

Esse estudo também projetou cenários alternativos, no intuito de analisar estratégias de adaptação baseadas em técnicas, tais como o uso de irrigação e de novas cultivares, mudanças nas datas de plantio e fertilização nitrogenada. Essas técnicas ajudariam a mitigar os efeitos da mudança do clima sobre a produtividade das culturas estudadas, mas não o suficiente para compensar todas as perdas projetadas pelos cenários gerados.

A projeção feita para uma cultivar mais resistente ao calor mostrou resultados promissores para a adaptação potencial ao aquecimento global, mas a factibilidade de implementação prática dessa nova cultivar ainda necessita ser testada e avaliada por meio de programas de melhoramento genético. No caso da soja no Nordeste, a previsão é de aumento de produção com o uso de práticas de irrigação e fertilização nitrogenada, compensando qualquer impacto de mudança climática.

As principais limitações do estudo residem no fato de que os simuladores utilizados não foram validados para todas as regiões analisadas e que a tecnologia e o uso da terra foram assumidos constantes, mesmo cientes de que os mesmos provavelmente serão modificados no futuro. Desse modo, verifica-se a necessidade de novos estudos para avaliar as reais implicações dos efeitos fisiológicos diretos do CO₂ no desenvolvimento e na produtividade das culturas.

Sob um outro enfoque, estudos realizados (ALVES *et al.*, 1996), estimaram o impacto da mudança climática global na agricultura brasileira usando um modelo do tipo ricardiano. O modelo consiste em avaliar a influência de variáveis como produção, trabalho, fertilizantes, construções, estradas, pesquisa científica, adoção de tecnologia, extensão rural e de variáveis climáticas (temperatura, pluviosidade e radiação solar) e edáficas (tipo de solo, declividade e textura) sobre a produtividade da terra e por seu preço. A partir disso, seria possível estimar os impactos de adaptações dos produtores às alterações climáticas sobre a produção e a produtividade da terra. Segundo os autores, o impacto líquido da mudança do clima seria negativo para a agricultura brasileira, sobretudo para a região Centro-Oeste, onde predominam os cerrados, ao passo que a região Sul seria moderadamente beneficiada pelo aquecimento.

Estudo realizado em 1996 (MENDELSON, 1996), usando vários cenários climáticos e projeções a partir de um GCM, estimou que o impacto da mudança do clima na economia brasileira seria significativo, com grandes danos nos setores de agricultura, florestas e energia. O estudo deduz que, devido ao clima do Brasil já ser quente e aos setores sensíveis às alterações climáticas serem predominantes, a economia brasileira seria uma das mais afetadas em termos globais⁵⁶.

5.9 Prontidão para Desastres

O monitoramento contínuo das condições do tempo por meio de radares, satélites, estações telemétricas e

⁵⁶ Os resultados do Terceiro Relatório de Avaliação do IPCC (2001) mostram alguns avanços em relação aos cenários climáticos gerados pelos modelos globais e regionais. As previsões do IPCC para o país mostram, de modo geral, um aumento de temperatura, até 2080, de 1° C (cenário de baixa emissão) até mais de 6° C para o Norte do Brasil. Com relação à precipitação, o nível de incerteza é ainda maior, pois as diversas simulações apresentam dados divergentes quanto a precipitação.

detetores de raios é fundamental para a emissão de alertas, envolvendo vários fenômenos meteorológicos como chuvas intensas, vendavais e incidência de raios. Essas informações são preciosas tanto para a população em geral quanto para os tomadores de decisão e têm implicações nos setores de segurança pública, recursos hídricos, setor agrícola, meio ambiente, setor elétrico, exploração de petróleo, transportes, indústria e comércio, construção civil, turismo, lazer e esporte, saúde e setor de seguridade.

O Sistema de Meteorologia do Estado do Rio de Janeiro - SIMERJ, implantado em 29 de janeiro de 1997, visa adotar uma estrutura capaz de oferecer subsídios às autoridades, à sociedade e ao setor produtivo para a tomada de decisões, no sentido de minimizar os efeitos danosos do tempo e do clima e aproveitar os seus efeitos benéficos. Esse sistema veio para preencher uma faixa de serviços que não era coberta pela atividade meteorológica disponível no estado até então.

Com a implantação do sistema, o estado do Rio de Janeiro poderá desenvolver ações de caráter preventivo em defesa civil, com a emissão de alertas no que diz respeito a enchentes (*vide* item 5.4.1), chuvas intensas, vendavais, granizos, incidência de raios, inundações e deslizamentos de terra, sobretudo nas áreas de risco das regiões metropolitana e serrana.

Programas semelhantes estão sendo desenvolvidos nos estados do Paraná (Sistema Meteorológico do Paraná - Simepar), Minas Gerais (Sistema de Meteorologia e Recursos Hídricos de Minas Gerais - Simge) e Goiás (Sistema de Meteorologia e Recursos Hídricos do Estado de Goiás - Simego), nos quais o monitoramento climático serve como subsídio para o planejamento de ações que visem minimizar os impactos de condições climáticas adversas (estiagem prolongada e temperaturas extremas).

Programas semelhantes estão sendo desenvolvidos nos estados do Paraná (Sistema Meteorológico do Paraná - Simepar), Minas Gerais (Sistema de Meteorologia e Recursos Hídricos de Minas Gerais - Simge) e Goiás (Sistema de Meteorologia e Recursos Hídricos do Estado de Goiás - Simego), nos quais o monitoramento climático serve como subsídio para o planejamento de ações que visem minimizar os impactos de condições climáticas adversas (estiagem prolongada e temperaturas extremas).

5.10 Modelagem Regional de Mudança Global do Clima

Em muitas regiões do país, ainda não há um sinal claro de que a mudança do clima já esteja ocorrendo, especialmente em relação à temperatura média do ar e aos padrões de precipitação. Contudo, foram observadas algumas mudanças na circulação atmosférica regional do setor Atlântico que sugeririam mudanças sistemáticas de precipitação na Amazônia e nas regiões Nordeste e Sudeste do Brasil. Por exemplo, o anticiclone subtropical do Atlântico intensificou-se, o que provocou um aumento da precipitação no Norte da Argentina e possivelmente no Sul do Brasil durante os últimos 30 anos; o transporte de umidade do Atlântico Norte tropical para as regiões da Bacia Amazônica e do Nordeste do Brasil intensificou-se desde 1950 e determina um aumento sistemático (embora estatisticamente insignificante) da precipitação (IPCC, 2001). Mudanças como essas, mencionadas como variações interdecenais do clima (geralmente, de fontes naturais), também foram detectadas em dados de rios e na precipitação em outras regiões do país. Ainda não é sabido se essas tendências negativas de longo prazo são manifestações naturais da variabilidade climática ou se são causadas por atividades antrópicas.



As projeções dos cenários da mudança do clima para o século XXI foram derivadas dos vários modelos do clima global utilizados pelo IPCC e discutidas por cientista para o Brasil (HULME *et al*, 1999). O fato de modelos globais do clima utilizarem diferentes representações físicas de processos, em uma grade de resolução relativamente baixa, introduz um certo grau de incerteza nesses cenários futuros da mudança do clima. Essa incerteza é extremamente significativa na avaliação da vulnerabilidade e dos impactos da mudança do clima, bem como na implementação de medidas de adaptação e de mitigação. Por exemplo, para a Bacia Amazônica, alguns modelos produziram climas mais chuvosos e outros climas relativamente mais secos; para o Nordeste do Brasil, a grande maioria dos modelos sugere aumento da precipitação.

Na realidade, a maioria das incertezas nas projeções do modelo para os cenários de mudança do clima pode estar relacionada com o problema da escala espacial e a representação de eventos climáticos extremos em escalas espaciais mais elevadas, do que as produzidas pela maior parte dos modelos globais do clima. O problema da escala temporal também é crucial, uma vez que os eventos extremos (ondas de baixa umidade, frio ou de calor e tempestades) podem ser identificados apenas com dados diários, e não com os dados mensais ou sazonais produzidos pela maioria dos modelos globais do IPCC.

É claro que também há o problema da representação do processo físico pelas parametrizações dos diferentes modelos e a representação correta do clima atual pelos modelos climáticos. Há a necessidade de métodos de *downscaling* que possam ser aplicados aos cenários da mudança do clima a partir dos modelos globais, a fim de que se obtenham projeções mais detalhadas para estados, vales ou regiões, com uma resolução espacial mais alta do que a fornecida por um modelo global do clima. Isso seria de grande utilidade para os estudos dos impactos da mudança climática na gestão e na operação dos recursos hídricos, nos ecossistemas naturais, nas atividades agrícolas e mesmo na saúde e disseminação de doenças.

Portanto, é de fundamental importância desenvolver capacidade de modelagem climática no Brasil, por meio da análise de modelos globais e regionais para cenários atuais e futuros da mudança do clima.

O Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE desenvolveu capacidade na modelagem do clima nos planos global e regional, atualmente usada para fazer previsões do tempo e do clima sazonal. O CPTEC também desenvolveu um modelo regional do clima (Eta/CPTEC) que pode ser aplicado facilmente para a América do Sul para gerar previsões climáticas detalhadas, inclusive da mudança do clima (*vide* item 3.5). Essa atividade vem sendo apoiada pelo PPA, 2000-2003, no âmbito do Programa de Mudanças Climáticas (*vide* item 7.3).

Pretende-se disponibilizar previsões climáticas regionais para grupos da América do Sul de modo que cenários da mudança do clima possam ser desenvolvidos em centros nacionais por especialistas. Os modelos climáticos regionais apresentam uma resolução bem mais alta do que o modelo global e, em consequência, fornecem informações climáticas com detalhes locais úteis, inclusive previsões realistas de eventos extremos. As previsões realizadas com o uso de modelos regionais do clima conduzirão, assim, a avaliações substancialmente melhores da vulnerabilidade em relação à mudança climática e de como o país pode adaptar-se.

Os diferentes cenários da mudança do clima do IPCC estão disponíveis no Centro de Distribuição de Dados - DDC (*Data Distribution Centre*) do IPCC, atualmente localizado na

Unidade de Pesquisa do Clima (*Climate Research Unit*) da Universidade de East Anglia, em Norwich, Reino Unido. Isso também envolve o desenvolvimento e o aperfeiçoamento do modelo regional atmosférico Eta/CPTEC, com uma resolução horizontal de até 40 km. O trabalho será realizado pelo CPTEC, em colaboração com os grupos de pesquisa ligados ao IPCC, tais como o Centro Tyndall para a Pesquisa do Clima (*Tyndall Centre for Climate Research*), o Centro Hadley para Previsão e Pesquisa do Clima (*Hadley Centre for Climate Prediction and Research*), o Centro para Ecologia e Hidrologia (*Center for Ecology and Hydrology*) e a Unidade de Pesquisa do Clima da Universidade de East Anglia, todos localizados no Reino Unido. Embora o CPTEC seja o principal usuário dos resultados do modelo (cenários *downscaled* da mudança do clima), essa atividade contará com a colaboração e a interação de alguns dos projetos financiados na América Latina no âmbito do Desenvolvimento e Aplicação de Cenários nas Avaliações de Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade da Avaliação de Impactos e Adaptação à Mudança do Clima - AIACC (*Assessment of Impacts and Adaptation to Climate Change*).

Os cenários do clima fornecidos pelo IPCC-DDC com diferentes concentrações de emissões e desenvolvimento socioeconômico (cenários do SRES) serão utilizados para a América do Sul. Isso ajudará a lidar com as incertezas produzidas pelos diferentes modelos na simulação dos climas futuros sob o mesmo forçamento (cenários do SRES).

Os cenários para o século XXI fornecidos pelos diferentes modelos do clima (do IPCC-DDC) não refletem detalhes de uma bacia ou de um distrito. Esses modelos fornecem projeções do clima em uma escala de grade que pode chegar a 300 km de latitude-longitude, o que é consideravelmente maior do que o necessário para os estudos de impacto e vulnerabilidade, especialmente os que envolvem processos hidrológicos. A crescente necessidade de cenários da mudança do clima com maior resolução espacial e temporal exigiu a implementação de diferentes métodos de *downscaling* (dinâmico, estatístico). Esses métodos também refletiriam os mecanismos e os processos físicos da bacia e devem captar os aspectos regionais do clima de grande escala.

A estratégia da modelagem do clima no CPTEC inclui modelos globais do clima e modelo regional do clima encaixado em modelo global do clima (*downscaling* dinâmico).

Para o *downscaling* dos cenários da mudança do clima a serem desenvolvidos no CPTEC, o modelo regional a ser utilizado é o Eta/CPTEC encaixado na versão três do modelo climático acoplado global do Centro Hadley (HadCM3H, uma versão especial do HadCM3 com resolução horizontal mais alta), desenvolvido em 1998. Uma rodada de 300 anos do HadCM3H está sendo disponibilizada para o CPTEC. A preferência pelo modelo regional Eta/CPTEC, ao invés do modelo regional HadRM3 do Centro Hadley, é decorrente do fato de que se dispõe no CPTEC de conhecimento e experiência com as características e a estrutura do Eta/CPTEC, relacionados com o uso desse modelo regional nos estudos e experimentos de sensibilidade, simulações e previsões.

O modelo Eta/CPTEC será aperfeiçoado com algumas modificações e a adaptação de seu esquema radiativo, de forma que possa incluir níveis variáveis de forçamentos radiativos dos gases de efeito estufa e aerossóis (CO₂, CH₄, S₂O, entre outros), preparando o sistema para gerar cenários regionais. Adicionalmente às concentrações de gases de efeito estufa dos cenários do IPCC, o modelo seria capaz de contabilizar os aerossóis, outras partículas e gases emitidos para a atmosfera, a partir da queima de biomassa e

dos incêndios na Amazônia, durante a estação seca, que, conforme documentado, afetam o balanço regional de energia e, conseqüentemente, a circulação e a precipitação.

Está sendo testado atualmente a acoplagem entre os modelos Eta/CPTEC e HadCM3H. Espera-se que até a segunda metade de 2002 tenha-se uma climatologia de 10 anos do modelo regional Eta/CPTEC, com o uso das condições laterais do modelo CPTEC/COLA.

Até meados de 2003, espera-se ter resultados do modelo para fatias de tempo centralizadas em 2020, 2050 e 2080, com os cenários de mudança do clima do HadCM3H *downscaled* com o Eta/CPTEC. O modelo regional será rodado com resoluções horizontais de 40 a 80 km, 38 níveis na vertical, em um *step* de tempo de 6 horas. O Eta/CPTEC está sendo aperfeiçoado por meio da incorporação de um novo esquema de radiação que inclui o efeito da fumaça e dos aerossóis decorrentes da queima de biomassa na Amazônia. A fumaça e os aerossóis não estão incluídos no SRES atual.

Os cenários da mudança do clima do SRES serão *downscaled* em 40 km com o uso de ambos os modelos Eta/CPTEC e o HadCM3 global. Os cenários regionais da mudança do clima, juntamente com qualquer outro resultado de modelo (rodadas do modelo paleoclimático) e vários conjuntos de dados observacionais serão disponibilizados na página do CPTEC e em sites espelhos implementados pelo MCT e outras instituições interessadas. O CPTEC fornecerá resultados de modelos e especialistas para a análise desses cenários da mudança do clima nos níveis regionais, no Brasil e na América do Sul. A análise do CPTEC será realizada no contexto dos cenários da mudança do clima após *downscaling*, das tendências observadas e da interpretação dos indicadores paleoclimáticos, utilizados como analogias ao que poderia ocorrer no futuro, no tocante aos *feedbacks* e mecanismos do clima. As informações fornecidas pelo CPTEC serão utilizadas por outros setores do governo e pela sociedade para a avaliação de impactos e vulnerabilidade, e para implementação de medidas de adaptação e de mitigação pelos respectivos tomadores de decisão no nível executivo dos governos estaduais e federal.



Formação de Capacidade Nacional e Regional





6 FORMAÇÃO DE CAPACIDADE NACIONAL E REGIONAL

O Brasil tem necessidades especiais relativas à estrutura institucional para lidar com as questões relacionadas a mudança do clima. O desenvolvimento de recursos humanos é um dos principais objetivos que envolvem a formação de capacidade nacional e regional, considerando que esse tema é uma nova área de estudo e há poucos cursos especializados sobre o assunto principalmente em países em desenvolvimento.

Neste capítulo, são descritas as iniciativas de formação de capacitação nacional relacionadas com a mudança do clima (*vide* também item 7.3), em especial as atividades do Centro de Previsão do Tempo e Estudos de Clima - CPTEC/INPE, bem como a participação de cientistas brasileiros no processo do IPCC. No âmbito regional, destaca-se a criação do Instituto Interamericano para Pesquisas em Mudanças Globais - IAI, organização intergovernamental dedicada à pesquisa.

6.1 Instituto Interamericano para Pesquisas em Mudanças Globais - IAI

O fenômeno das mudanças globais foi identificado na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro em 1992, como um dos maiores desafios a ser enfrentado no futuro próximo. Desde então, há a clara percepção de que esse tema é transfronteiriço e que deve ser abordado cientificamente como um problema global e regional, além de buscar medidas paliativas ou de mitigação no nível nacional.

Com essa preocupação, foi criado em 13 de maio de 1992, em Montevidéu, Uruguai, o Instituto Interamericano para Pesquisa em Mudanças Globais - IAI para atuar no âmbito do continente americano. O Instituto é uma organização intergovernamental dedicada à pesquisa, com sede no Brasil, com o intuito de desenvolver a capacidade científica para compreender o impacto integrado das mudanças globais presentes e futuras no meio ambiente do continente americano, assim como fomentar a cooperação científica e difundir informações em todos os níveis.

Orientados pelos princípios da excelência científica, da cooperação internacional, e contando com o amplo intercâmbio de dados científicos sobre mudanças globais, os principais objetivos do Instituto são:

- promover e facilitar a cooperação regional e internacional para a pesquisa interdisciplinar sobre aspectos de mudanças globais;
- realizar, em escala regional, pesquisas que não possam ser realizadas por um país ou instituição individualmente;
- priorizar o estudo daqueles aspectos relacionados às mudanças globais que tenham importância regional;
- contribuir para a difusão de informações, educação e capacitação técnico-científica;
- promover o livre intercâmbio de informações científicas.

Assim, o trabalho do IAI é desenvolvido por meio de quatro ações básicas:

- contribuir para o avanço do conhecimento científico do continente, seja por meio da pesquisa, educação ou transferência de tecnologia, com uma agenda científica com prioridades bem definidas;
- apoiar as convenções e os protocolos internacionais (Mudança do Clima, Biodiversidade, Ozônio), contribuindo para elucidar as questões científicas e suas implicações políticas relacionadas a esses instrumentos, apoiando os interesses nacionais;
- apoiar a ampla cooperação internacional, contribuindo para os programas internacionais sobre mudanças globais, promovendo políticas de informação que assegurem acesso livre aos dados;
- apoiar os interesses dos países integrantes do IAI, e prover informações científicas que sirvam aos interesses dos governos federais, estaduais e locais, setores privados e públicos em geral.

Os grandes desafios científicos para o IAI são as variações climáticas, desde as sazonais até as interanuais; as mudanças climáticas nas próximas décadas; a radiação ultravioleta e a diminuição do ozônio estratosférico; as mudanças na cobertura da terra e nos ecossistemas marinhos e terrestres; e a gradual compreensão do complexo comportamento do Sistema Terrestre e seus vários componentes. Outros desafios do Instituto referem-se ao manejo de grande quantidade de dados sobre mudanças globais; à comunicação dos resultados das pesquisas sobre tais mudanças; à formação de uma nova geração de cientistas, de acordo com uma ótica ambiental adequada; e ao compromisso de compreender cada vez mais o Sistema Terrestre.

O treinamento e a educação de futuros cientistas são fundamentais para o avanço contínuo das pesquisas sobre mudanças globais no continente americano. Assim, o IAI tem um importante papel no treinamento de estudantes que poderão desenvolver pesquisas que contribuirão para a solução de problemas ambientais em seus países e, também, para o desenvolvimento da agenda científica do Instituto. O IAI oferece treinamento e educação a estudantes por meio de bolsas de estudo e apoio a atividades de treinamento e educação.

No Brasil, o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq oferece um total de 20 bolsas, podendo ser de Doutorado ou de Pós-Doutorado, para atender ao programa de formação de pessoal pós-graduado promovido em conjunto com o IAI, resultado de um convênio institucional entre o Instituto e o CNPq. Em junho de 1998, o IAI e o CNPq assinaram um memorando de entendimento no qual são especificados campos e atividades de interesse comum que poderão orientar futuras atividades de cooperação entre as duas instituições.

6.2 Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima - IPCC

Em princípio, o IPCC é formado por cientistas escolhidos entre os especialistas em mudanças climáticas do mundo inteiro. No entanto, na prática, a maior parte dos

especialistas que participam dos relatórios de avaliação do Painel vem de países desenvolvidos.

A participação de cientistas dos países em desenvolvimento é proporcionalmente pequena. Como reflexo, cientistas brasileiros estão pouco representados nos três Grupos de Trabalho⁵⁷ constantes nos Relatórios de Avaliação.

No Primeiro Relatório de Avaliação do IPCC, de 1990, participaram apenas seis cientistas brasileiros como colaboradores, sendo quatro no Grupo I e dois no Grupo II. Em 1995, no Segundo Relatório de Avaliação do IPCC, cinco brasileiros participaram como autores (três no Grupo I e dois no Grupo II), além de seis como colaboradores (um no Grupo I, dois no Grupo II e três no Grupo III) e seis como revisores (um no Grupo I, dois no Grupo II e três no Grupo III). Para o Terceiro Relatório de Avaliação⁵⁸, 12 cientistas brasileiros contribuíram como autores (três no Grupo I, três no Grupo II e seis no Grupo III), um como colaborador (Grupo II) e 10 como revisores (sendo dois no Grupo I, três no Grupo II e cinco no Grupo III).

Um dos objetivos dos programas de capacitação nacional em relação a assuntos relacionados à mudança do clima é aumentar o número de cientistas brasileiros que possam desenvolver pesquisas relacionadas ao tema e oferecer subsídios para um melhor entendimento das questões relacionadas. A participação desses cientistas é de grande importância, principalmente devido ao fato de terem um entendimento mais específico sobre processos (por exemplo, os relacionados à região Amazônica) e tecnologias (por exemplo, utilização do álcool combustível em veículos) importantes para os países em desenvolvimento.

6.3 Centro de Previsão de Tempo e Estudos do Clima - CPTEC / INPE

O Centro de Previsão do Tempo e Estudos do Clima - CPTEC/INPE é aparelhado com supercomputadores SX-3/12R e SX-4/8A, capazes de processar até 3,2 bilhões e 16 bilhões de operações aritméticas em ponto flutuante por segundo, respectivamente. Eles têm a capacidade de utilizar modelos numéricos para a simulação de tempo e clima, integrando informações atmosféricas e oceânicas⁵⁹.

O sistema de computação do CPTEC é alimentado por informações derivadas dos satélites Meteosat e Goes, da rede de dados da OMM, das redes nacionais sob a responsabilidade do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, Ministério da Agricultura; do Departamento de Controle do Espaço Aéreo - DEPV, da Aeronáutica; Diretoria de Hidrografia e Navegação - DHN, da Marinha; centros estaduais de meteorologia; e outros centros internacionais. Os satélites SCD-1 e 2, que coletam dados ambientais, também desempenham importante papel no levantamento

de informações necessárias à pesquisa meteorológica do INPE. Uma rede de observações chamadas de Plataformas de Coleta de Dados - PCD meteorológicas e hidrológicas foi implementada em 1996 em todo o país. As PCD são operadas juntamente pelo CPTEC e pela ANEEL e transmitem informações meteorológicas e hidrológicas em tempo real para uma central localizada no CPTEC, por meio dos SCD-1 e 2. Todas essas informações possibilitam ao CPTEC fornecer, para todo o país, previsões de tempo confiáveis.

Além das várias atividades do instituto que garantem a boa qualidade das previsões meteorológicas, estão previstas atividades e estudos de tendências climáticas no país e a implementação de um grupo de estudos sobre elaboração de cenários climáticos, usando a experiência de participação de pesquisadores do CPTEC no IPCC, bem como a colaboração com as equipes do Hadley Centre, do Tyndall Centre e da Universidade de East Anglia do Reino Unido. Espera-se a implementação de uma capacidade de modelagem regional no CPTEC para elaborar cenários climáticos regionais das previsões do IPCC usando a técnica de *downscaling* dinâmico, onde o modelo global acoplado do Hadley Centre HadCM3 será alinhado ao modelo regional Eta/CPTEC, permitindo a implementação de previsões regionais de clima para o país e para a América do Sul, com uma resolução de até 40 km (*vide* item 5.10).

⁵⁷O Grupo de Trabalho I avalia os aspectos científicos dos sistemas climáticos e da mudança do clima; o Grupo de Trabalho II avalia os aspectos científicos, técnicos, ambientais, econômicos e sociais da vulnerabilidade à mudança do clima, além dos impactos negativos e positivos para os sistemas ecológicos, setores socioeconômicos e saúde humana; o Grupo de Trabalho III avalia os aspectos científicos, técnicos, ambientais, econômicos e sociais da mitigação da mudança do clima, e, por meio de um grupo multidisciplinar, avalia os aspectos metodológicos de temas transversais; a Força Tarefa trabalha com a elaboração de inventários de gases de efeito estufa.

⁵⁸ Divulgado em 2001.

⁵⁹ O modelo SX-3 vai ser substituído pelo novo supercomputador SX-6. O SX-6 será capaz de processar até 768 bilhões de operações aritméticas em ponto flutuante por segundo, uma vez que as duas fases de implementação estejam concluídas. Com esse novo supercomputador, o CPTEC vai entrar numa nova era de estudos de clima e mudanças do clima, pois vai ser possível rodar modelos de clima globais e regionais para gerar cenários climáticos para o século XXI.

Integração das Questões sobre Mudança do Clima no Planejamento de Médio e de Longo Prazos





7 INTEGRAÇÃO DAS QUESTÕES SOBRE MUDANÇA DO CLIMA NO PLANEJAMENTO DE MÉDIO E DE LONGO PRAZOS

Sempre houve no Brasil uma preocupação em controlar a exploração das riquezas naturais do território. O que antes eram medidas meramente político-econômicas, com o decorrer do tempo, passaram a integrar questões relacionadas à preservação do meio ambiente. Atualmente, o país tem uma das legislações ambientais mais avançadas de todo o mundo, embora ainda haja dificuldades administrativas e institucionais para implementação de suas diretrizes.

A conscientização das questões ambientais a médio e longo prazo é imprescindível para o desenvolvimento sustentável, princípio que consta na Declaração do Rio e que é a base da Agenda 21, documentos resultantes da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Brasil em 1992 - Rio 92. No plano interno, no processo de elaboração da Agenda 21 brasileira, buscou-se estabelecer estratégias para assegurar o desenvolvimento sustentável no país, recomendando ações, atores, parcerias, metodologias e mecanismos institucionais necessários para a sua implementação e monitoramento.

No que se refere às políticas nacionais de planejamento de médio e longo prazos, pela primeira vez no Plano Plurianual do Governo - PPA 2000-2003, há um programa específico sobre mudanças climáticas para desenvolver informações científicas relativas à emissão de gases de efeito estufa e subsidiar a definição de uma política de atuação nessa área.

Os programas descritos nesta seção, na maioria dos casos, não têm como objetivo direto reduzir as emissões de gases de efeito estufa, mas terão efeitos sobre as emissões provenientes de diferentes fontes. Um dos fatos mais importantes é a constatação de que não apenas o nível federal está envolvido, mas há também comprometimento dos estados e dos municípios.

Nacionalmente, o Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar - PRONAR procura controlar a qualidade do ar, estabelecendo limites nacionais para as emissões. O Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE tem o mesmo objetivo, mas trata especificamente da poluição do ar por veículos automotores. Apesar de esses programas estarem ligados ao combate da poluição local e não diretamente à mudança do clima, eles são aqui descritos pelo aspecto institucional e legislativo envolvido e podem, no futuro, possibilitar a criação de instrumentos e de legislação similar também para o caso de emissões de gases de efeito estufa provenientes de atividades humanas.

Outra importante questão abordada neste trabalho refere-se às medidas adotadas pelo governo brasileiro contra o desflorestamento na região Amazônica. As medidas legais, administrativas e econômicas que vêm sendo adotadas, bem como a estratégia de ação política, são aqui analisadas.

O Projeto de Estimativa do Desflorestamento Bruto da Amazônia - PRODES é o maior projeto de monitoramento de florestas do mundo, fornecendo estimativas do desflorestamento. O Programa de Prevenção e Controle de Queimadas e Incêndios Florestais no Arco do Desflorestamento - PROARCO visa prever e controlar as queimadas e incêndios florestais no arco do desflorestamento na Amazônia brasileira. Além disso, há um grande número de unidades de conservação no país, bem como outros programas de combate a incêndios e queimadas, com o objetivo de proteger e conservar a flora e

a fauna existentes, em consonância com o artigo 4º, parágrafo 1º, alínea (d) da Convenção.

Finalmente, são analisadas medidas de caráter financeiro e tributário (Protocolo Verde, ICMS Ecológico, entre outros) que começam a demonstrar resultados significativos para a redução de passivos ambientais e para a promoção do desenvolvimento sustentável.

7.1 Legislação Ambiental Brasileira

Desde a era colonial, já havia normas específicas de tutela do território e de suas riquezas. O documento legal brasileiro mais antigo sobre recursos naturais é o Código de Águas (Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934), que definiu o direito de propriedade e de exploração dos recursos hídricos para abastecimento, irrigação, navegação, usos industriais e geração de energia. Assim, desde a década de 1930 verificam-se instrumentos legais que estabelecem os direitos e deveres da sociedade em relação a matérias ambientais específicas.

Uma lei de considerável importância no histórico da legislação ambiental brasileira é a nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, conhecida como Código Florestal, que reconheceu as florestas existentes no território nacional e as demais formas de vegetação como bens públicos, impondo limites ao direito de propriedade. Ademais, estabeleceu critérios mínimos para a preservação permanente de áreas e para a criação de parques e reservas biológicas.

Com a realização da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente, em 1972 em Estocolmo, observa-se uma maior preocupação no país com temas relativos à proteção do meio ambiente.

O primeiro organismo oficial brasileiro voltado para a utilização racional dos recursos naturais e a preservação do meio ambiente, a Secretaria Especial do Meio Ambiente - SEMA, foi criado no âmbito do Ministério do Interior em 1973. A partir da criação desse órgão, as normas jurídicas foram consideravelmente ampliadas.

A Lei nº 6.803, de 1980, que definiu as diretrizes básicas para o zoneamento industrial nas áreas críticas de poluição, introduziu Avaliação de Impacto Ambiental - AIA. Um dos elementos do processo de avaliação de impacto ambiental é o Estudo de Impacto Ambiental - EIA, posteriormente regulamentado. Trata-se da execução de tarefas técnicas e científicas destinadas a analisar as conseqüências da implantação no meio ambiente de um projeto, por métodos de AIA e técnicas de previsão de impactos ambientais. O resultado do estudo constitui o Relatório de Impacto do Meio Ambiente - RIMA, acessível ao público e custeado pelo proponente do projeto.

Em 1981, a publicação da Lei nº 6.938 sistematizou as leis específicas já existentes. Dispunha sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação. Estabeleceu o licenciamento ambiental como instrumento dessa política e conexões entre desenvolvimento econômico e preservação ambiental. Além disso, a lei criou o Sistema Nacional do Meio Ambiente - Sisnama e o Conselho Nacional do Meio Ambiente - Conama, o qual, entre outras atribuições, tem a competência para estabelecer normas e padrões relativos ao controle da qualidade ambiental.

Outro importante avanço relativo à proteção dos "direitos difusos" foi verificado com a Lei nº 7.347, de 1985, que disciplina a ação civil pública de responsabilidade por danos causados ao meio ambiente.

A Constituição Federal promulgada em 1988 representou significativo progresso para a área ambiental ao dedicar, de forma inédita, um capítulo especial para o meio ambiente e ao incluir a defesa deste entre os princípios da ordem econômica, buscando articular a promoção do crescimento socioeconômico com a necessária proteção e preservação ambiental.

Assim, no Capítulo VI, que trata do meio ambiente, o artigo 225 estabelece que: "Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações." Dessa forma, o meio ambiente está caracterizado como direito inerente de cada indivíduo e de toda a sociedade, cabendo ao Poder Público e à coletividade, indistintamente, o dever de preservar e de garantir o equilíbrio ambiental.

Além das medidas e providências que incumbem ao Poder Público tomar, a Constituição Federal impõe condutas àqueles que possam direta ou indiretamente gerar danos ao meio ambiente. Ademais, a Constituição, por meio do parágrafo 4º do referido artigo, declara a Floresta Amazônica brasileira, a Mata Atlântica, a Serra do Mar, o Pantanal matogrossense e a Zona Costeira como patrimônio nacional, sendo que a sua utilização será feita na forma da lei, dentro de condições que assegurem a preservação do meio ambiente.

Apesar de a Carta Magna dar especial atenção às atividades preventivas, também faz referência às medidas repressivas. O parágrafo 3º do artigo 225 prevê sanções penais e administrativas a infratores, pessoas físicas ou jurídicas, cujas condutas ou atividades sejam consideradas lesivas ao meio ambiente, independentemente da obrigação de reparar os danos causados.

No ano de 1989, por meio da Lei nº 7.735, de 22 de fevereiro, foi criado o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, com a finalidade de executar e fazer executar a política nacional do meio ambiente e de preservar, conservar e garantir o uso racional, a fiscalização, o fomento e o controle dos recursos naturais.

Houve importante alteração do Código Florestal, por meio da Medida Provisória nº 1.511, de 26 de julho de 1996, que dá nova redação ao artigo 44 da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e dispõe sobre a proibição do incremento da conversão de áreas florestais em áreas agrícolas na região Norte e na parte norte da região Centro-Oeste. A nova redação do artigo 44 do Código Florestal dispõe que nessas regiões a exploração a corte raso só é permitida desde que permaneça com cobertura arbórea de pelo menos 50% da área de cada propriedade. Além do mais, de acordo com a medida provisória, nas propriedades onde a cobertura arbórea constitui-se de fitofisionomias florestais, não será admitido o corte raso em pelo menos 80% dessas tipologias florestais (*vide* item 7.6.2.1). Tal medida provisória vem sendo reeditada desde então.⁶⁰

Outro importante avanço legal que cabe ser ressaltado é a Lei nº 9.605 sancionada em 12 de fevereiro de 1998, a Lei de Crimes Ambientais, que representa uma mudança no sistema de sanção da legislação corrente. Até então, o arranjo legal tinha apenas estabelecido sanções pecuniárias para os crimes contra a flora. A lei dispõe sobre as sanções penais e administrativas às condutas e às atividades lesivas ao meio ambiente, e consolida a legislação ambiental, com a tipificação dos crimes e das infrações ambientais e com suas respectivas penas devidamente estipuladas.

Em 2000, o projeto do Sistema Nacional de Unidades de Conservação foi aprovado pelo Senado, recebeu a sanção presidencial e tornou-se a Lei nº 9.985, que atualizou o

conceito de unidade de conservação, introduzindo a questão social e o uso para outros fins. A importância da definição de um Sistema Nacional de Unidades de Conservação (*vide* item 7.8) está na uniformização e consolidação de critérios para o estabelecimento e a gestão dessas unidades, possibilitando, com isso, uma melhor gestão do patrimônio ambiental brasileiro.

A legislação brasileira que diz respeito à defesa do meio ambiente é composta por numerosas leis esparsas. Esse fenômeno, como em quase todas as áreas do direito, decorre, dentre outros motivos, dos diferentes momentos políticos e institucionais que têm marcado a história recente do país.

Em síntese, é reconhecido que a legislação ambiental brasileira é uma das mais avançadas do mundo, incorporando no plano jurídico diretrizes claras para a busca de um desenvolvimento sustentável, apesar de haver dificuldades institucionais e administrativas para a sua ampla implementação.

7.2 Agenda 21 Brasileira

Considerando-se a importância de cada sociedade estabelecer suas prioridades de desenvolvimento, os países signatários dos acordos resultantes da Rio 92 assumiram o compromisso de elaborar e implementar suas respectivas Agendas 21.

No Brasil, no início de 1997, buscou-se a instalação de uma comissão voltada para o desenvolvimento sustentável e vinculada à Câmara de Políticas dos Recursos Naturais do Conselho do Governo. Esse novo arranjo institucional tinha por objetivo aglutinar, em torno da Presidência da República, a coordenação dos vários órgãos e entidades governamentais comprometidos diretamente com a elaboração da Agenda 21 Nacional.

Assim, por meio do decreto de 26 de fevereiro de 1997, foi criada a Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional - CPDS, no âmbito da Câmara de Políticas dos Recursos Naturais. A Comissão tem por finalidade a proposição de estratégias de desenvolvimento sustentável e a coordenação, elaboração e implementação daquela Agenda.

A CPDS é presidida pelo representante do MMA e integrada pelo Secretário de Coordenação da Câmara de Políticas Setoriais e por um representante de cada um dos seguintes órgãos governamentais: MPOG, MRE, MCT, a Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República - SAE e do Secretário de Coordenação da Câmara de Políticas Setoriais.

⁶⁰ A Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, também altera significativamente os artigos 1º, 4º, 14, 16 e 44, e acresce dispositivos à Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, que institui o Código Florestal, bem como altera o artigo 10 da Lei nº 9.393, de 19 de dezembro de 1996, que dispõe sobre o imposto sobre a propriedade territorial rural - ITR, e dá outras providências. Tal medida provisória dispõe que as florestas e outras formas de vegetação nativa, ressaltadas as situadas em área de preservação permanente, assim como aquelas não sujeitas ao regime de utilização limitada ou objeto de legislação específica, são susceptíveis de supressão, desde que sejam mantidas, a título de reserva legal, no mínimo 80% na propriedade rural situada em área de floresta localizada na Amazônia Legal (para as outras regiões a percentagem da área a ser mantida também é determinada). A vegetação da reserva legal não pode ser suprimida, podendo apenas ser utilizada sob regime de manejo florestal sustentável, de acordo com princípios e critérios técnicos e científicos estabelecidos na legislação vigente. A medida provisória também regulamenta a conduta do proprietário ou possuidor de imóvel rural com área de floresta nativa, natural, primitiva ou regenerada.



Além desses órgãos governamentais, pretendeu-se que a CPDS fosse paritária, sendo assim, composta por cinco representantes da sociedade civil organizada.

Um intenso processo de discussão forneceu subsídios importantes para que a CPDS estabelecesse a metodologia para a elaboração da Agenda 21 Nacional, definindo as premissas e os temas prioritários para o país.

No dia 8 de junho de 2000, durante a Semana do Meio Ambiente, a CPDS entregou ao Presidente da República o resultado dos trabalhos realizados, elencados no documento "Agenda 21 Brasileira - Bases para Discussão". No evento, foi anunciada a continuidade do processo de elaboração da agenda por meio da realização de debates estaduais. Em cada região do país foi realizado um encontro onde foram analisados os relatórios dos estados, com o objetivo de definir um documento que expresse os resultados da região.

O processo de elaboração da Agenda 21 Brasileira e seus resultados podem ser obtidos no site do Ministério do Meio Ambiente (*vide* <http://www.mma.gov.br>)⁶¹.

7.3 Programa de Pesquisa Brasileiro sobre Mudança do Clima - MCT

Um exemplo do aumento da importância das questões relacionadas à mudança do clima no Brasil foi a inclusão de um Programa de Mudanças Climáticas no Plano Plurianual - PPA do Governo Federal (2000-2003), com alocação de recursos do Tesouro da União. O objetivo do programa é desenvolver informações científicas relativas à emissão de gases de efeito estufa para subsidiar a definição de uma política de atuação em relação ao tema. O indicador apontado para alcançar tal objetivo é o aumento do número de instituições capacitadas envolvidas com a mudança climática. No início do programa, havia 27 instituições envolvidas diretamente com o tema e a expectativa no final do PPA é que haja 49 instituições capacitadas envolvidas diretamente.

O Programa de Mudança do Clima do PPA tem 6 ações:

Ação 1 - Desenvolvimento de estudos sobre a vulnerabilidade e adaptação aos impactos das mudanças climáticas: tem por objetivo iniciar um processo de estudos sobre vulnerabilidade e adaptação aos impactos das mudanças climáticas nos setores de agropecuária, campos, florestas, recursos hídricos, recursos costeiros, saúde humana, espécies da fauna e da flora e pesca.

Ação 2 - Desenvolvimento de modelos de prospecção para acompanhamento das mudanças climáticas: visa iniciar um processo de estudos e pesquisas científicas com observações sistemáticas e o desenvolvimento de sistemas de informação climática com a finalidade de reduzir incertezas quanto às causas, efeitos, magnitude e evolução no tempo da mudança do clima e quanto às consequências econômicas e sociais de diversas estratégias de resposta.

Ação 3 - Elaboração do inventário nacional de emissões antrópicas de gases de efeito estufa: tem por finalidade contribuir para a elaboração periódica do

Inventário Nacional de Emissões de Gases de Efeito Estufa e para a realização de pesquisas sobre fatores de emissão e níveis de atividade nos setores de energia, indústria, uso de solventes, agropecuária, mudança no uso da terra e floresta e tratamento de resíduos.

Ação 4 - Implantação de sistema de monitoração de emissões de gases de efeito estufa: visa iniciar um processo de estabelecimento de sistemas permanentes de monitoração de emissões desses gases.

Ação 5 - Sistema de informação sobre efeito estufa: tem por objetivo o aperfeiçoamento e a manutenção de sistemas de informações existentes sobre o efeito estufa e ações governamentais voltadas para seu equacionamento, bem como a organização de campanhas de educação, conscientização e divulgação sobre o tema.

Ação 6 - Desenvolvimento de estudos sobre a mitigação da mudança do clima: essa ação oferece apoio ao desenvolvimento de estudos de avaliação para a criação de um plano nacional de mitigação da mudança do clima, contendo medidas e políticas nos setores de energia, indústria, agropecuária, florestas e tratamento de resíduos, a fim de implementar uma estratégia nacional para a avaliação das melhores oportunidades em termos da análise de custo/benefício.

Os projetos desenvolvidos dentro do Programa de Mudança do Clima e seus resultados podem ser acompanhados pelo site da Coordenação-Geral de Mudanças Globais do MCT (*vide* <http://www.mct.gov.br/clima>).

7.4 Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar - PRONAR

Nas últimas décadas, as taxas de poluição atmosférica em regiões urbanas do Brasil aumentaram consideravelmente, tendo em vista o crescimento econômico e industrial do país. Dessa forma, percebeu-se a importância da criação de um programa nacional que contemplasse as fontes fixas de poluição atmosférica. Tendo em vista que a maioria dos estados não dispunha de padrões locais de emissão de fontes, observou-se a necessidade da fixação de dispositivos de caráter normativo e do estabelecimento de ações de monitoramento atmosférico.

Por meio da Resolução nº 05 do Conama, de 15 de junho de 1989, foi criado, portanto, o Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar - PRONAR, com o intuito de promover a orientação e o controle da poluição atmosférica no país, envolvendo estratégias de cunho normativo, como o estabelecimento de padrões nacionais de qualidade do ar e de emissão na fonte, a implementação de uma política de prevenção de deterioração da qualidade do ar, de uma rede nacional de monitoramento do ar e o desenvolvimento de inventários de fontes e poluentes atmosféricos prioritários.

A estratégia básica do PRONAR, conforme disposto na referida resolução, é estabelecer limites nacionais para as emissões, por tipologia de fontes e poluentes prioritários, reservando o uso dos padrões de qualidade do ar como ação complementar de controle. Para que isso fosse implementado, foram definidas metas de curto, médio e longo prazo para dar prioridade à alocação de recursos e direcionar as ações.

O primeiro dispositivo legal decorrente do PRONAR foi a resolução do Conama nº 03, de 28 de junho de 1990, que estabeleceu os novos padrões nacionais de qualidade do ar:

⁶¹ O lançamento da Agenda 21 Brasileira ocorreu em julho de 2002, finalizando a fase de elaboração e marcando o início do processo de implementação. Dois documentos compõem a Agenda 21 Brasileira: "Agenda 21 Brasileira - Ações Prioritárias", que estabelece os caminhos preferenciais da construção da sustentabilidade brasileira, e "Agenda 21 Brasileira - Resultado da Consulta Nacional", produto das discussões realizadas em todo o território nacional.

Tabela 7.4.1 - Padrões nacionais de qualidade do ar - Resolução Conama nº 3, de 28/06/1990

Poluente	Tempo de Amostragem	Padrão Primário	Padrão Secundário	Método de Medição
		($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
Partículas totais em suspensão - PTS	24 horas*	240	150	Amostrador de grandes volumes
	MGA	80	60	
Fumaça	24 horas*	150	100	Refletância
	MAA	60	40	
Partículas inaláveis	24 horas*	150	150	Separação inercial / filtração
	MAA	50	50	
Dióxido de enxofre	24 horas*	365	100	Pararosalínica
	MAA	80	40	
Monóxido de carbono	1 hora*	40.000 (35 ppm)	40.000 (35 ppm)	Infravermelho não-dispersivo
	8 horas*	10.000 (9 ppm)	10.000 (9 ppm)	
Ozônio	1 hora*	160	160	Quimiluminiscência
Dióxido de nitrogênio	1 hora	320	190	Quimiluminiscência
	MAA	100	100	

* Não deve ser excedido mais de uma vez ao ano.
 MGA - média geométrica anual.
 MAA - média aritmética anual.

Outro avanço dessa resolução foi o estabelecimento de critérios nacionais para elaboração de plano de emergência para episódios agudos de poluição do ar, antes existentes apenas no estado de São Paulo.

Contudo, os Programas Estaduais de Controle de Poluição do Ar não foram desenvolvidos e implementados conforme esperado. Esse fato, aliado a outros de natureza gerencial do programa, inviabilizou as metas de médio prazo, como a implementação da rede nacional de monitoramento da qualidade do ar e a produção do inventário nacional de fontes e emissões. Atualmente, o IBAMA planeja retomar tal programa.

Espera-se que a Lei de Crimes Ambientais, com a qual se presume maior agilidade na punição aos infratores do meio ambiente, dê novo impulso ao programa. A Seção III do capítulo do referido instrumento legal, que versa sobre os crimes contra o meio ambiente, tipifica aqueles relativos à poluição e outros crimes ambientais.

A implementação no país de mecanismos de controle de qualidade ambiental, como o ISO 14000, também poderá representar significativo impulso ao controle de qualidade do ar, com o envolvimento direto da iniciativa privada. O importante, entretanto, é fortalecer a estrutura institucional e resgatar os itens previstos no PRONAR de forma que esse programa se transforme efetivamente em um instrumento eficaz de controle da poluição atmosférica.

7.5 Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE

No Brasil, o transporte rodoviário representa 96,1% do transporte de passageiros. As crescentes taxas de população urbana, a deficiência de políticas públicas de transporte em massa e a retomada do crescimento econômico têm implicado num aumento expressivo da motorização individual. A frota nacional de automóveis e veículos comerciais leves aumentou de 10.325.000 em 1990 para 12.726.000 em 1995⁶², o que implica, a princípio, num aumento dos poluentes emitidos por veículos automotores.

Procurando mitigar os níveis de emissão de poluentes por veículos automotores, promover a melhoria de características técnicas dos combustíveis líquidos colocados à disposição da frota nacional e reduzir as emissões à atmosfera, em 06 de maio de 1986, a Resolução nº 18 do Conama criou o Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores - Proconve. Essa resolução fixou as diretrizes básicas do programa e estipulou os primeiros limites de emissão. Em 28 de outubro de 1993, a Lei nº 8.723 endossou a obrigatoriedade de se tomar as providências necessárias para reduzir os níveis de emissão dos poluentes de origem veicular.

A coordenação nacional do programa ficou a cargo do IBAMA, com o apoio da CETESB, que atua como agente técnico conveniado, co-responsável pela implantação, operacionalização e atualização técnica do Proconve.

Esse aspecto técnico é de grande relevância, tendo em vista que o principal objetivo do programa é reduzir a contaminação atmosférica por meio da fixação de limites máximos de emissão, induzindo o desenvolvimento tecnológico dos fabricantes e determinando que os veículos e motores atendam aos limites máximos. Além disso, o Proconve também impõe a certificação de protótipos e o acompanhamento estatístico em veículos de produção; a autorização do IBAMA para uso de combustíveis alternativos; o recolhimento ou reparo de veículos e motores encontrados em desconformidade com a produção ou projeto; a proibição da comercialização de modelos de veículos não homologados; e o estabelecimento de Programas de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso.

Para a implementação do programa, os veículos foram classificados em três categorias, cada uma com um cronograma específico: veículos leves de passageiros, com massa total de até 3.856 kg (automóveis); veículos leves

⁶² Já calculada a taxa de sucateamento (FERNANDES, 2002).



comerciais, categoria subdividida em veículos com massa para ensaio até 1.700 kg e acima de 1.700 kg (*pick-ups* e *vans*); e veículos pesados, com massa total acima de 3.856 kg (ônibus e caminhões).

Eliminação do Chumbo Tetraetila

No início do Proconve, para que se lograsse atingir os níveis de emissão determinados, percebeu-se a necessidade de valer-se de catalisadores no escapamento dos automóveis e de injeção eletrônica de combustível em substituição aos carburadores. Como o chumbo tetraetila que era adicionado à gasolina inutilizava os catalisadores em pouco tempo, ficou evidente a incompatibilidade desse aditivo com os novos recursos tecnológicos usados para a redução das emissões. Assim, esforços da Petrobras resultaram na eliminação do chumbo tetraetila da gasolina em 1989, sendo o Brasil o primeiro país do mundo a eliminar completamente esse tóxico aditivo de sua matriz de combustíveis. O aditivo usado como substituto do chumbo tetraetila passou a ser o álcool anidro, que tem vantagens significativas, principalmente ambientais (*vide* item 1.1).

Quanto aos veículos leves de passageiros, o controle de emissão foi escalonado em três fases, estabelecidas segundo a Resolução do Conama nº 18/1986, sendo que as duas primeiras já foram cumpridas. A fase I, de 1988 a 1991, preocupou-se cada vez mais com o aprimoramento dos projetos dos modelos já em produção quando do estabelecimento do programa, tendo iniciado também o controle de emissão evaporativa. A fase II, a partir dos limites fixados em 1992, concentrou-se na redução de emissões, com a aplicação de novas tecnologias, tais como a injeção eletrônica, os carburadores assistidos eletronicamente e os conversores catalíticos. A fase III, implementada a partir de 1997, caracteriza-se por induzir ao fabricante/importador a empregar as mais modernas tecnologias disponíveis para a formação de mistura e controle eletrônico do motor, fixando limites de emissões (Tabela 7.5.1).

Tabela 7.5.1 - Veículos leves de passageiros - a partir de 01/01/1997

Poluentes	Limites
Monóxido de carbono (CO g/km)	2,0
Hidrocarbonetos (HC g/km)	0,3
Óxidos de nitrogênio (NO _x g/km)	0,6
Material particulado (MP** g/km)	0,05
Aldeídos (CHO* g/km)	0,03
Emissão evaporativa (g/ensaio)	6,0
Emissão de gás no cárter	Nula

* exceto para veículos com motores do ciclo diesel.

** exceto para veículos com motores do ciclo Otto.

A Resolução do Conama nº 15, de 13 de dezembro de 1995, preocupa-se com os veículos comerciais leves (*vans* e *pick-ups*). Com o aumento significativo desses veículos no Brasil, fixaram-se para eles limites máximos de emissões conforme Tabela 7.5.2.

Tabela 7.5.2 - Limites para emissões de veículos leves comerciais - a partir de 01/01/1998

Poluentes	Limites	
	Veículos com massa específica até 1.700 kg	Veículos com massa específica acima de 1.700 kg
	(g/km)	
Monóxido de carbono (CO)	2,0	6,2
Hidrocarbonetos (HC)	0,3	0,5
Óxidos de nitrogênio (NO _x)	0,6	1,4
Material particulado (MP**)	0,128	0,16
Aldeídos (CHO*)	0,03	0,06

* exceto para veículos com motores do ciclo diesel

** exceto para veículos com motores do ciclo Otto

Verifica-se uma constante preocupação em relação aos veículos pesados, pois são os principais emissores de material particulado e óxidos de nitrogênio nos corredores de tráfego dos grandes centros urbanos.

A Resolução do Conama nº 18/1986 deu os primeiros encaminhamentos para o controle da emissão de veículos a diesel. Por meio da Resolução nº 8, de 31 de agosto de 1993, o Proconve foi atualizado com relação aos veículos pesados fabricados e comercializados no Brasil, independentemente do tipo de combustível que utilizam, conforme a Tabela 7.5.3.

Tabela 7.5.3 - Limites para emissões de veículos pesados

	CO	HC	NO _x	Fumaça	Partículas
	(g/kWh)			(k)*	(g/kWh)*
FASE I	—	—	—	2,5	—
FASE II	11,2	2,45	14,4	2,5	—
FASE III	4,9	1,23	9,0	2,5	0,7 / 0,4**
FASE IV	4,0	1,1	7,0	—	0,15

*Aplicável somente para motores de ciclo diesel.

**0,7 g/kWh para motores até 85 kW e 0,4 g/kWh para motores com mais de 85 kW.

Tal qual para os veículos de ciclo Otto, foi estabelecida uma escala progressiva para que as categorias de veículos de ciclo diesel fossem enquadradas nos limites de emissão. Foi estabelecido que, a partir de 1º de março de 1994, a totalidade dos motores a diesel produzidos, referentes aos modelos escolhidos pelo seu fabricante como responsáveis por pelo menos 80% da sua produção, deveriam atender aos limites da fase II, devendo os modelos remanescentes atender aos limites da fase I, conforme a Tabela 7.5.3. A partir de 1º de janeiro de 1996, o mesmo se aplicou para a fase III, sendo que os modelos remanescentes deveriam atender aos limites da fase II, e o mesmo princípio seria aplicado, a partir de 1º de janeiro de 2000 para a fase IV, sendo que os modelos remanescentes deveriam atender aos limites da fase III. Ficou fixado que somente a partir de 1º de janeiro de 2002 todos os motores destinados a veículos pesados deveriam atender aos limites da fase IV. Para os ônibus urbanos as datas estabelecidas em relação às fases III e IV foram antecipadas em dois anos.

A partir do ano 2002 dois tipos de óleo diesel serão autorizados no Brasil: o comum e o metropolitano, sendo este para ser distribuído nas grandes metrópoles definidas

pelo Conama/IBAMA. Serão assim classificados óleos diesel A e B nas metrópoles e tipos C e D nas demais cidades: óleo diesel A com 0,10% de enxofre, diesel B com 0,20%, óleo diesel C com 0,35% e óleo diesel D com 0,50%. Mudanças são previstas para os anos de 2005 e 2009.

Tendo alcançado grandes conquistas, o Proconve tem como meta administrar e atualizar, sempre que pertinente, a legislação existente⁶³. Discussões nesse sentido estão adiantadas com as entidades representativas de classes, para atualizar em 2005 os limites de emissão tanto para os veículos leves quanto para os veículos pesados.

O sucesso do programa pode ser verificado na comparação entre os limites impostos na Tabela 7.5.1 e os resultados alcançados na Tabela 7.5.4 onde, principalmente devido ao Proconve, observa-se a evolução e a drástica redução dos fatores médios de emissão de veículos leves de passageiros de 1980 a 2000.

Visto que o cronograma estabelecido pelas resoluções do Conama relativas ao Proconve está sendo cumprido rigorosamente, com custo próximo a zero para o Governo, e atingindo satisfatoriamente as suas metas, o programa é considerado um dos mais bem elaborados para o controle de emissão de fontes móveis em países em desenvolvimento. Além disso, é certamente um dos mais bem sucedidos programas ambientais já implementados no país, tendo sido, inclusive, adotado pelo Mercosul.

Tabela 7.5.4 - Fatores médios de emissão de veículos leves novos

Ano / Modelo	Combustível	Poluente*				
		CO	HC	NO _x	CHO	Emissões evaporativas de combustível
		(g/km)				(g/teste)
Pré 1980	Gasolina	54	4,7	1,2	0,05	nd
1980-83	Gasolina C	33	3	1,4	0,05	nd
	Etanol	18	1,6	1	0,16	nd
1984-85	Gasolina C	28	2,4	1,6	0,05	23
	Etanol	16,9	1,6	1,2	0,18	10
1986-87	Gasolina C	22	2	1,9	0,04	23
	Etanol	16	1,6	1,8	0,11	10
1988	Gasolina C	18,5	1,7	1,8	0,04	23
	Etanol	13,3	1,7	1,4	0,11	10
1989	Gasolina C	15,2	1,6	1,6	0,04	23
	Etanol	12,8	1,6	1,1	0,11	10
1990	Gasolina C	13,3	1,4	1,4	0,04	2,7
	Etanol	10,8	1,3	1,2	0,11	1,8
1991	Gasolina C	11,5	1,3	1,3	0,04	2,7
	Etanol	8,4	1,1	1	0,11	1,8
1992	Gasolina C	6,2	0,6	0,6	0,013	2
	Etanol	3,6	0,6	0,5	0,035	0,9
1993	Gasolina C	6,3	0,6	0,8	0,022	1,7
	Etanol	4,2	0,7	0,6	0,040	1,1
1994	Gasolina C	6	0,6	0,7	0,036	1,6
	Etanol	4,6	0,7	0,7	0,042	0,9
1995	Gasolina C	4,7	0,6	0,6	0,025	1,6
	Etanol	4,6	0,7	0,7	0,042	0,9
1996	Gasolina C	3,8	0,4	0,5	0,019	1,2
	Etanol	3,9	0,6	0,7	0,040	0,8
1997	Gasolina C	1,2	0,2	0,3	0,007	1
	Etanol	0,9	0,3	0,3	0,0012	1,1
1998	Gasolina C	0,79	0,14	0,23	0,004	0,81
	Etanol	0,67	0,19	0,24	0,0014	1,33
1999	Gasolina C	0,74	0,14	0,23	0,004	0,79
	Etanol	0,6	0,17	0,22	0,013	1,64
2000	Gasolina C	0,73	0,13	0,21	0,004	0,73
	Etanol	0,63	0,18	0,21	0,014	1,35

Fonte: Cetesb, 2001.

*Médias ponderadas de cada ano-modelo pelo volume de produção.

nd - não disponível.

Gasolina C - 78% de gasolina mais 22% de álcool anidro (v/v).

RCHO - formaldeído+acetaldéido.

⁶³ Adicionalmente, vale a pena citar a Resolução do Conama nº 297, de 26 de fevereiro de 2002, que estabelece os limites para emissões de gases de motocicletas e veículos similares, a partir de 1º de janeiro de 2003. A Resolução Conama nº 291, de 25 de outubro de 2001, regulamenta os conjuntos para conversão de veículos para o uso do gás natural; e a Resolução nº 282, de 12 de setembro de 2001, estabelece os requisitos para os conversores catalíticos destinados ao mercado de reposição.



Outras Considerações

Teor de Enxofre

A Resolução nº 226 do Conama, de 20 de agosto de 1997, dispõe sobre as especificações técnicas para o óleo diesel comercial. Em tal resolução, estabeleceu-se um cronograma para a diminuição do teor de enxofre no diesel.

Considerando os aspectos acima apresentados e a quantidade de veículos que circulam nas diferentes regiões do país e suas necessidades ambientais, foram estipulados teores diferenciados de enxofre para o diesel comercializado nas regiões metropolitanas das grandes cidades (estabelecidas naquela resolução) e no restante do país.

Desde janeiro de 1998, o teor máximo de enxofre no óleo diesel nacional é de 0,5%. A partir de janeiro de 2000, o diesel comercializado nas regiões metropolitanas das grandes cidades (São Paulo, Santos, Cubatão, Rio de Janeiro, Salvador, Aracaju, Recife, Fortaleza, Porto Alegre, Curitiba, São José dos Campos, Campinas, Belo Horizonte e Belém) tem um teor máximo de 0,2% de enxofre, de acordo com um programa de melhoria do óleo diesel.

A proposta do Conama é a de que, a partir de janeiro de 2005, o óleo diesel automotivo, tipos metropolitano e comum, respectivamente, tenham as seguintes especificações mínimas: teor de enxofre (máx.) de 500 ppm e 2000 ppm; T 85% - 360°C para o comum, T 90% - 360°C para o metropolitano; densidade - 0,82 a 0,86 e 0,82 a 0,87; número de cetano - 45 e 42. A partir de 1º de janeiro de 2009, o óleo diesel automotivo, tipos metropolitano e comum, deverão apresentar, respectivamente, a seguinte especificação mínima: teor de enxofre (máx.) de 50 ppm e 500 ppm.

Manutenção do Veículo e Inspeção Veicular

Os limites máximos de emissão estabelecidos pelas resoluções do Conama são garantidos por escrito pelos fabricantes nos primeiros 80.000 km para veículos do ciclo Otto⁶⁴ e 160.000 km para veículos de ciclo diesel, ou cinco anos de uso, prevalecendo o que ocorrer primeiro. Para ter direito a essa garantia, o proprietário deve comprovar o cumprimento da manutenção preventiva recomendada no manual do veículo.

No entanto, a execução do Proconve levou à constatação de que de nada adiantaria impor ao fabricante rígidos limites máximos de emissão de poluentes e ruído, se o veículo, após ser comercializado, não tivesse a correta manutenção técnica, pois ela seria a garantia da continuidade e durabilidade das emissões homologadas. Daí nasceu a necessidade de se implantar programas de inspeção de veículos em uso, como forma de garantir que o seu proprietário fizesse pelo menos as revisões previstas pelo fabricante e na periodicidade definida pelos organismos regulamentadores dessas inspeções.

Em 1993, o Conama criou e regulamentou os Programas de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso, batizados de Programas de I/M. Esses programas seriam implantados pelos Órgãos Executivos Estaduais e Municipais de Meio Ambiente - OEMA, conforme as diretrizes e regulamentos gerais estabelecidos no nível federal, considerando-se as reais necessidades e especificidades de cada estado.

Faltava, porém, a vinculação obrigatória desses programas ao licenciamento anual de veículos, que é competência dos Departamentos Estaduais de Trânsito - Detran, que apresentava-se como a única forma de se garantir que o veículo em circulação passasse por uma inspeção de

emissões de poluentes. Foi então que, em 1995, o Conselho Nacional de Trânsito - Contran regulamentou essa vinculação, bem como instituiu a inspeção de segurança veicular, por meio da Resolução nº 908/1995, implantada a partir de 1998.

Com a promulgação do novo Código de Trânsito Brasileiro - CTB (Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997), essa vinculação passou a ser prevista em lei, portanto, de aplicação obrigatória por todos os Detran no processo de licenciamento anual de veículos onde já houvesse sido implantada a inspeção de emissão de poluentes e ruído.

O importante e o objetivo principal das inspeções é fazer com que o proprietário entenda o conceito da correta manutenção do seu veículo, e que dela depende a sua segurança e a dos outros e, ainda, a qualidade do ar. Por isso, os serviços de inspeção devem ser baratos, eficientes e de boa qualidade.

Os programas de I/M, além de combaterem a poluição local, podem preparar a população para se preocupar com emissões de gases de efeito estufa no futuro.

7.6 Medidas contra o Desflorestamento na Região Amazônica

7.6.1 Principais Causas do Desflorestamento

7.6.1.1 Grandes Projetos de Desenvolvimento

As desigualdades sociais, econômicas e políticas entre as diferentes regiões do Brasil, bem como a estratificação da sociedade brasileira, conduziram à implantação de projetos de desenvolvimento em regiões de fronteira, principalmente entre as décadas de 1960 e 1980, cujas metas estavam mais centradas nas necessidades do país do que no atendimento de legítimos interesses de desenvolvimento dessas áreas de fronteira.

O baixo preço da terra e a conseqüente expectativa de ganhos futuros, o acesso facilitado ao uso de recursos naturais, a falta de percepção da esgotabilidade de recursos, assim como a concessão de incentivos fiscais e creditícios governamentais, foram fatores que atraíram o setor privado sem que houvesse preocupação com o aprimoramento de tecnologias que conferissem competitividade e sustentabilidade à exploração de recursos (EGLER, 1998).

O desflorestamento na região da Amazônia brasileira, causado pelos fatores acima mencionados teve início na década de 1970, quando foram iniciados os programas de colonização agrícola na região Norte, apoiados no Programa de Integração Nacional - PIN, no Programa de Redistribuição de Terras e Estímulos à Agroindústria do Norte e Nordeste - PROTERRA⁶⁵ e nos Programas de Pólos Agropecuários e Agrominerais na Amazônia - POLAMAZÔNIA⁶⁶.

⁶⁴ Para os quais devem ser determinados os Fatores de Deterioração das Emissões, por meio de ensaios de acúmulo de rodagem, conforme a Resolução nº 14, de 13 de dezembro de 1995.

⁶⁵ O PIN e o PROTERRA fazem parte da política de integração nacional das regiões Norte e Nordeste, estabelecida no I Plano Nacional de Desenvolvimento (1972-1974). O PIN compreendia principalmente a construção da Transamazônia (um eixo transversal no sentido leste-oeste para interligação com o Nordeste e um eixo longitudinal no sentido norte-sul para conexão com o centro-sul do país). Além disso, compreendia a colonização da região do entorno em associação com a iniciativa privada, instalando núcleos habitacionais. Já o PROTERRA visava, por meio de uma revisão fundiária dessas regiões, o desmembramento de grandes latifúndios e a ampliação de propriedades de dimensões insuficientes para a exploração econômica, com o intuito de estimular a média empresa rural, de modo a alterar os sistemas de produção tradicionais pelo uso adequado de terras, créditos e aplicação de tecnologia moderna para elevar a produtividade do setor.

De modo geral, os objetivos dos grandes projetos de desenvolvimento da Amazônia concentraram-se no incremento da produção/extração intensiva de recursos naturais, principalmente minérios e madeira; na criação de um pólo industrial voltado para a montagem de equipamentos eletroeletrônicos e a lapidação de gemas; no apoio às atividades agropecuárias; e na ocupação das regiões distantes para assegurar a soberania sobre o território. Em três décadas, investiu-se pouco na atração de empresas do setor privado que fossem capazes de implantar estruturas produtivas competitivas e inovadoras de tecnologias na região Norte.

As grandes fazendas de gado, os projetos de colonização agrícola e a maioria dos megaprojetos de desenvolvimento custeados pelo Governo Federal na região mostraram-se insustentáveis a médio prazo e proporcionaram baixíssimo retorno social e altos impactos ambientais.

A existência de políticas de créditos que ofereciam um juro real sobre os empréstimos para atividades agrícolas menor que para os setores não-agrícolas; de preços mínimos garantidos para os produtores rurais; de regras flexíveis de "direito de posse" da terra para posseiros; de baixos impostos territoriais; e de incentivos fiscais para investimentos em empreendimentos aprovados na região, tiveram grande impacto sobre o desflorestamento na Amazônia. Cabe ressaltar que muitas dessas políticas foram reduzidas ou eliminadas nos últimos anos.

Até mesmo a geração e a distribuição de eletricidade, que é um serviço essencial para a viabilização de projetos de desenvolvimento, foi fator de desequilíbrio regional. A construção de hidrelétricas na região Norte teve como objetivo principal o abastecimento de alguns centros urbanos e o fomento de atividades econômicas energo-intensivas por meio da concessão de energia a preço subsidiado.

Entre 1960 e 1990, as decisões centralizadas — inclusive com a participação da Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia - SUDAM — sobre obras de infra-estrutura e os projetos de desenvolvimento estimulados pelo Governo Federal, a título de ações para o desenvolvimento e integração da região Norte, não deram a devida importância às realidades ambientais, culturais e socioeconômicas da região.

Esse período pouco representou em termos de desenvolvimento da região, devido ao baixo padrão tecnológico das principais atividades da Amazônia e seu reduzido índice de desenvolvimento social. Na década de 1990, verificou-se que a participação da região Norte no PIB nacional continuava inferior a 5%.

7.6.1.2 Características das Atividades Econômicas na Amazônia

As relações entre as atividades primárias e a floresta na região amazônica são concorrentes, por necessitarem de área para a produção. A partir de 1970, verificou-se uma grande expansão agrícola e pecuária na Amazônia, a qual pode estar relacionada às taxas de desflorestamento. Tal expansão foi impulsionada pela pressão populacional crescente. Na região Norte, a população passou de cerca de 5,9 milhões de habitantes em 1980 para cerca de 10 milhões em 1991, chegando a aproximadamente 12,9 milhões em 2000. Essa pressão populacional também é um dos fatores que pode estar relacionado à conversão de florestas em terras agrícolas.

⁶⁶ O POLAMAZÔNIA visava a promoção do aproveitamento integrado das potencialidades agropecuárias, florestais e minerais em projetos localizados em 15 áreas selecionadas e especialmente distribuídas na Amazônia Legal.

As culturas agrícolas (mandioca, cana-de-açúcar, milho, batata, tabaco, arroz, soja, trigo e outros) e a pecuária extensiva, requerem grandes áreas de terra. Além de fatores de desflorestamento na região, podem resultar em degradação e em abandono de áreas utilizadas com baixa qualidade de solo.

Para a circulação de pessoas e produtos, houve nas últimas décadas a construção de um grande número de estradas, o que está diretamente correlacionada à densidade populacional, aos estabelecimentos agrícolas, às atividades econômicas e, conseqüentemente, ao desflorestamento.

Os efeitos diretos da mineração na região amazônica sobre o desflorestamento têm sido limitados. Mesmo assim, os investimentos massivos nos pólos minerais levaram a um *boom* de desenvolvimento que provocou impactos mais abrangentes na região.

Outra atividade econômica relevante na Amazônia é a exploração da madeira, que não é uma atividade recente sendo desenvolvida há mais de 300 anos. Entretanto, era realizada de forma artesanal, com a extração de poucas espécies, sem provocar danos significativos para o ecossistema florestal. A madeira era um subproduto da limpeza do terreno para propósitos agrícolas. Nas duas últimas décadas, porém, verifica-se um sistema de exploração madeireira bem mais intensivo e predatório, de corte raso, com uso de máquinas que permitem a extração de um grande número de espécies vegetais em um curto espaço de tempo, de forma insustentável, abalando todo o ecossistema florestal.

O Brasil caracteriza-se como o maior produtor mundial de madeira tropical, sendo também grande consumidor. Para atender a essa demanda, instalaram-se na região amazônica 3.000 indústrias madeireiras, de capital nacional e estrangeiro. Essas empresas extraem da região mais de 30 milhões de metros cúbicos de toras de madeira por ano. Grande parte desse total corresponde a uma exploração não-sustentável de florestas nativas. Os impactos desse processo extrativista são a erosão e o esgotamento das espécies de maior valor comercial.

Outro fator que se deve considerar na avaliação das atividades econômicas da Amazônia, é que a madeira, bem como os demais produtos extrativistas da floresta (castanha, borracha), tem baixo valor de mercado. Assim, sua extração predatória, além de reduzir os recursos naturais da região, não tem contribuído para uma melhoria da renda da população local, estabelecendo o círculo vicioso entre pobreza e degradação ambiental.

Entende-se que a sustentabilidade florestal, englobando seus aspectos ambientais, econômicos e sociais, é imprescindível para a região. É necessário, pois, estabelecer critérios e métodos que viabilizem a exploração dos recursos florestais, levando-se em conta um equilíbrio entre a regeneração e a produção. O manejo florestal sustentável pode ser uma alternativa viável para lograr tal fim e a legislação nacional tem procurado reforçar essa opção.

Manejo florestal sustentável é definido no artigo 2º do Decreto nº 1.282, de 19 de outubro de 1994, como "a administração da floresta para obtenção de benefícios econômicos e sociais, respeitando-se os mecanismos de sustentação do ecossistema objeto do manejo⁶⁷". Assim, percebe-se que os planos de manejo florestais devem ser norteados pela preocupação em relação à conservação dos recursos naturais, da estrutura da floresta e de suas funções; à manutenção da diversidade biológica; e ao desenvolvimento socioeconômico da região.

Esse mesmo decreto, em seu artigo 1º, dispõe que "a exploração das florestas primitivas da bacia amazônica de



que trata o artigo 15 da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965 (Código Florestal), e demais formas de vegetação arbórea natural, somente será permitida sob a forma de manejo florestal sustentável, segundo os princípios gerais e fundamentos técnicos estabelecidos neste decreto”.

Assim, procurou-se regulamentar a exploração da floresta e das demais formas de vegetação arbórea para o uso alternativo do solo na Amazônia. Esse decreto ainda estabelece, como obrigatória, a reposição florestal, de acordo com critérios técnicos específicos, pela pessoa física ou jurídica que explore, utilize, transforme ou consuma matéria-prima florestal.

Os principais entraves para o manejo florestal sustentável são econômicos, sociais, técnicos e institucionais. Os maiores problemas identificados são a baixa rentabilidade do manejo, em alguns casos, principalmente devido à competição da madeira extraída de forma predatória, e a tendência de conversão das áreas naturais de florestas em áreas de produção agropecuária.

Além do mais, embora o país tenha alcançado larga experiência em técnicas de silvicultura e de biotecnologia com plantios subtropicais, tais técnicas inovadoras de manejo estão restritas ao Sul e ao Sudeste. Deve-se ainda considerar que há poucos centros de capacitação técnica e trabalhadores qualificados para tal atividade na Amazônia.

Um dos principais problemas da implementação de manejos florestais em áreas tropicais é a alta diversidade de espécies (ssp) arbóreas. Enquanto os planos de manejo em áreas temperadas são promovidos para suportar 30 ssp/ha, nas florestas tropicais úmidas têm que ser concebidos para suportar cerca de 400 ssp/ha. A diversidade de espécies implica em uma menor densidade de indivíduos de uma mesma espécie, o que faz com que o manejo florestal seja menos produtivo do que se fosse concebido para poucas espécies.

O uso ineficiente dos recursos florestais na Amazônia brasileira deriva primordialmente de duas causas: falhas de mercado relacionadas à indefinição dos direitos de propriedade que, combinada com a abundância de terras, florestas, recursos minerais entre outros, leva à superutilização dos mesmos; falhas institucionais e dificuldades para regulamentar os direitos de propriedade, sendo, portanto, necessário fortalecer a estrutura institucional da região, ou seja, aumentar a capacidade técnica e administrativa de pesquisa, regulamentação e monitoramento e forçar o cumprimento da lei no nível local e nacional.

7.6.1.3 Distribuição Fundiária e Questões Macroeconômicas

Diretamente relacionado com o problema das atividades primárias na Amazônia está o problema da distribuição fundiária. As grandes propriedades com mais de 10 mil hectares representam mais de 40% das terras produtivas. Devido a essa desigual distribuição, milhares de famílias não têm acesso à terra, o que levou, nas últimas décadas, a uma situação de enorme pressão política para que se promova a reforma agrária e, consequentemente, a busca de novas fronteiras de expansão agrícola.

O peso relativo dos imóveis de área igual ou superior a 10.000 ha mostra-se bastante acentuado na região Norte. Em 1966, a percentagem da área dos imóveis rurais com 10.000 ha ou mais era de 36% na região Norte, chegando a 56% em 1978, e representando 47% em 1992 (INCRA, 1996).

A Constituição Federal de 1988 procurou estabelecer os fundamentos para mudar esse padrão. A Constituição dispõe

que a propriedade atenderá à sua função social (artigo 5º, inciso XXIII) e em seu artigo 184, que “compete à União desapropriar por interesse social, para fins de reforma agrária, o imóvel rural que não esteja cumprindo sua função social”. A norma que contém o princípio da função social da propriedade incide imediatamente, ou seja, é de aplicabilidade imediata, mas ainda é um tema que suscita dúvidas. A Constituição ainda dispõe, em seu artigo 188, que “a destinação de terras públicas e devolutas será compatibilizada com a política agrícola e com o plano nacional de reforma agrária”.

Dessa forma, na região amazônica, principalmente na década de 1980 e começo da década de 1990, verificou-se uma política de titulação e privatização de terras públicas com cobertura florestal. Além do mais, o fato de se ter uma grande área de floresta em uma propriedade facilitava a sua caracterização como improdutivo para efeito de reforma agrária. Embora essa distorção esteja sendo revista nos últimos anos, 80% das terras destinadas à reforma agrária estão situadas na região da Amazônia Legal.

Essa avaliação é necessária para que se entenda a relação entre a taxa de desflorestamento na região, a estrutura fundiária e as questões macroeconômicas. No Brasil, a taxa de desflorestamento é influenciada por diversos fatores, entre outros as pressões populacionais, as crises econômicas e a instabilidade política.

Esses fatores resultaram em aumento na taxa de desflorestamento para um recorde histórico no período 1994-1995: 29.130 km² da floresta amazônica foram cortados em apenas um ano. Isso representa um aumento de 38% com relação à média da taxa anual do desflorestamento bruto observado no período 1978-1989, de 21.130 km². De acordo com o INPE, as maiores taxas de desflorestamento são sistematicamente observadas nos estados do Mato Grosso, Pará e Rondônia, contabilizando mais da metade da taxa média do desflorestamento bruto a cada ano na Amazônia Legal.

Adicionalmente, as atividades de exploração ilegal de madeiras-de-lei na Amazônia corresponderam a 80% do lucro total do setor no país⁶⁷. A operação ilegal⁶⁸ de serrarias estrangeiras ocorre devido à dificuldade do IBAMA em supervisionar a implementação de planos de manejo florestal e promover a devida fiscalização numa área de 2,3 milhões km².

⁶⁷ Tal artigo está em conformidade com o artigo 4º, parágrafo 1º, alínea d da Convenção que dispõe que todas as Partes, de acordo com suas responsabilidades comuns porém diferenciadas e suas prioridades de desenvolvimento, objetivos e circunstâncias específicas, nacionais e regionais, devem “promover a gestão sustentável, bem como promover e cooperar na conservação e fortalecimento, conforme o caso, de sumidouros e reservatórios de todos os gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal, incluindo a biomassa, as florestas e os oceanos, como também outros ecossistemas terrestres, costeiros e marítimos.”

⁶⁸ De acordo com um relatório oficial elaborado e publicado pela então Secretaria de Assuntos Estratégicos - SAE, em meados de 1997. O relatório elaborado pela SAE/Presidência da República foi útil em quantificar uma situação que já tinha sido diagnosticada pelo IBAMA e por ONGs, como a Fundação Mundial para a Natureza - WWF.

⁶⁹ A operação ilegal foi identificada porque 22 serrarias estrangeiras declararam que tinham 508.000 hectares e que estavam explorando apenas 186.000 hectares. Entretanto, com esses dados, ecologistas calcularam que eles poderiam extrair apenas 6 milhões de metros cúbicos de madeira-de-lei, enquanto, na verdade, eles estavam declarando uma produção de 30 milhões de metros cúbicos. Uma inspeção mais cuidadosa promovida pela SAE (vide nota de rodapé anterior) mostrou que apenas 8 serrarias possuíam 1,9 milhão de hectares de floresta, o que é quatro vezes maior do que a área total declarada pelas 22 companhias juntas.

7.6.2 Medidas contra o Desflorestamento

7.6.2.1 Medidas Legais

O levantamento de dados para um relatório produzido pela SAE⁷⁰ e a taxa anual de desflorestamento bruto publicada pelo INPE (*vide* item 7.7) forneceram dados que conscientizaram o governo e o impeliram a adotar ações para reverter tal cenário⁷¹. A partir de julho de 1996, o governo estabeleceu o Pacote Amazônico, que previa duas ações emergenciais.

A primeira ação emergencial foi estabelecida por meio do Decreto Presidencial nº 1.963, de 25 de julho de 1996, que dispõe sobre a suspensão de novas autorizações para exploração florestal e estabelece uma moratória de dois anos na concessão de licenças para a exploração de duas espécies: mogno (*Swietenia macrophylla*) e virola (*Virola surinamensis*). Em junho de 1998, o governo renovou a moratória por mais dois anos⁷². Tal tema ainda se encontra igualmente em discussão no âmbito do Tratado de Cooperação Amazônica - TCA, dentro dos objetivos da política regional para o mogno. A segunda ação foi a Medida Provisória nº 1.511, de 26 de julho de 1996, que, entre outras providências, dá nova redação ao artigo 44 da Lei nº 4.771⁷³, de 15 de setembro de 1965, como anteriormente explicado no item 7.1. Além do mais, foram estabelecidas três ações básicas para reduzir a taxa de desflorestamento: proibiu-se novas conversões de áreas florestadas em sistemas agrícolas; dispôs-se que a utilização de áreas florestais na Amazônia Legal só seria permitida quando implementada por meio de um processo de manejo sustentável de floresta; condicionou-se o desenvolvimento das atividades econômicas às indicações estabelecidas pelo Zoneamento Ecológico-Econômico, em qualquer área onde o zoneamento tivesse sido concluído numa escala superior ou igual a 1:250.000. Tal medida provisória vem sendo reeditada desde então.

Outro aspecto legal relevante para o controle do desflorestamento é a Lei de Crimes Ambientais, de nº 9.605, sancionada em 12 de fevereiro de 1998, abordada anteriormente (*vide* item 7.1). Essa lei consolida a legislação ambiental, com tipificação dos crimes e das infrações ambientais e suas respectivas penas devidamente estipuladas. Assim, o cumprimento do Código Florestal não se restringirá ao aspecto econômico; terá conseqüências mais sérias para indivíduos e empresas.

7.6.2.2 Medidas Administrativas

Apesar da importância dessas medidas emergenciais, a eficácia do Pacote Amazônico e o sucesso da implementação da Lei de Crimes Ambientais estão condicionados a um melhor aperfeiçoamento do esquema de fiscalização, de capacitação e de monitoramento da região amazônica.

É fundamental o desenvolvimento de um sistema mais efetivo de fiscalização do desflorestamento na região amazônica, de forma que envolva ações que tornem a exploração e a utilização dos recursos naturais legais. Afinal, a fiscalização é uma importante ferramenta de preservação, com a finalidade de coordenar, executar e fazer executar as determinações do poder público.

⁷⁰ *Vide* nota de rodapé 68.

⁷¹ O relatório elaborado pela Secretaria de Assuntos Estratégicos foi publicado em 1997, mas as pesquisas, anteriormente levantadas, serviram de subsídio para as medidas legais em 1996.

⁷² Essa moratória foi prorrogada até o ano de 2001 para a exploração do mogno.

⁷³ A Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, também altera significativamente os artigos 1º, 4º, 14, 16 e 44, e acresce dispositivos à Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. *Vide* nota de rodapé nº 60.

Um novo esquema de fiscalização direcionado para auditorias em grandes serrarias tem sido implementado pelo IBAMA, o qual pretende ser mais efetivo com o aumento de oficiais do IBAMA *in loco*. O esquema anterior mostrou-se ineficiente a longo prazo. O isolamento dos oficiais governamentais trabalhando no meio da floresta tem sido um obstáculo para uma ação efetiva. O esquema de auditoria pode não ser totalmente efetivo, mas parece ser a única alternativa operacional para a imensa e inabitada área da região amazônica.

Outro elemento importante no combate à degradação ambiental é a crescente capacitação tecnológica do país. O monitoramento da floresta amazônica realizado pelo INPE permite ao IBAMA implantar um sistema de identificação e acompanhamento da dinâmica do desflorestamento que amplia a eficácia da utilização dos diferentes instrumentos legais disponíveis para controlar a ação antrópica na região.

A fiscalização do IBAMA ganhou em qualidade com a utilização de novas tecnologias como o sensoriamento remoto, imagens de satélites, localização georeferenciada e sensores aerotransportados, pois agora as ações são planejadas com antecedência e direcionadas aos locais de desflorestamento não autorizado.

A divulgação anual dos dados sobre desflorestamento (*vide* item 7.7) e sua disponibilização na Internet, a partir de fevereiro de 1999, constituem medida fundamental para orientar o planejamento das ações políticas e figuram como importantes instrumentos disponíveis ao Governo Federal e à sociedade brasileira.

A Experiência do Mato Grosso

O estado do Mato Grosso faz parte da chamada Amazônia Legal. Em sua superfície de 906.068.078 km², há três ecorregiões distintas: floresta (52%), cerrado (41%) e pantanal (7%). Na década de 1990, foram observados no estado elevados índices de desflorestamentos ilegais, o que levou as autoridades estaduais a buscarem soluções criativas.

A partir de 1998, iniciaram negociações para que a Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEMA, órgão responsável pela política ambiental no estado do Mato Grosso, passasse a atuar, em parceria com o IBAMA, no controle de desflorestamentos e queimadas em Mato Grosso. Para se estruturar e assumir tais atribuições, a FEMA criou a Diretoria de Recursos Florestais em 1999, ainda antes da assinatura do pacto federativo que se deu em 2000. O Pacto Federativo de Gestão Ambiental Descentralizada e Compartilhada estabeleceu diretrizes de atuação das diversas instâncias envolvidas — o Ministério do Meio Ambiente, o IBAMA e o governo do estado do Mato Grosso, representado pela FEMA — visando um sistema de cooperação técnica e administrativa para o desempenho das competências constitucionais de proteção do meio ambiente e dos recursos naturais renováveis.

A FEMA priorizou o controle do desflorestamento como principal objetivo de suas ações, tendo a sociedade civil como participante do processo, mobilizando proprietários rurais, orientando-os para um melhor aproveitamento de suas terras, em consonância com as determinações da legislação ambiental vigente. Foi, assim, criado e implementado o Sistema de Controle Ambiental em Propriedades Rurais, que tem alcançado uma significativa redução de áreas desflorestadas, ao conjugar instrumentos tradicionais de fiscalização, licenciamento e monitoramento, apoiados pela tecnologia da informação⁷⁴.

As propriedades rurais do Mato Grosso precisam ter o Licenciamento Ambiental Único - LAU. Para obtê-lo, o proprietário deve entregar à FEMA um *cd-rom* com um mapa de satélite de sua propriedade, que deve indicar a parte a ser explorada, a reserva legal e as áreas de preservação permanentes. Sobrepondo o mapa recebido com imagens de satélite, o órgão pode verificar se o proprietário desflorestou onde não estava autorizado. Uma fazenda só é licenciada se apresentar um projeto básico ambiental e, se irregularidades são detectadas, o dono é responsabilizado e passa a seguir um plano de recuperação da área.

O licenciamento é renovado a cada ano e as áreas passam a ser monitoradas pela FEMA. Os dados são reunidos e atualizados pelo Sistema de Informações Geográficas - SIG desenvolvido pelo órgão e que representa um verdadeiro espelho da zona rural do estado. Atualmente, o LAU de propriedades rurais no estado vem gerando um aumento de receita para a instituição, que investe na manutenção do modelo implantado⁷⁵.

Os resultados revelam uma redução de áreas desflorestadas e queimadas, por meio de controle preciso do que vem ocorrendo nas propriedades rurais. Em um ano, houve redução de 32% na taxa de desflorestamento e 53% no número de queimadas.

7.6.2.3 Medidas Econômicas

Deve-se ter consciência de que a finalidade de todas essas normas legais, medidas de fiscalização, programas e inovações tecnológicas é buscar uma mudança de paradigma do modelo de exploração econômica da floresta amazônica.

Entre as ações econômicas que podem melhorar a implementação do Pacote Amazônico, há o Protocolo Verde (*vide* item 7.11.2) e os incentivos para o manejo sustentável nas áreas especiais protegidas de uso indireto, conhecidas como Florestas Nacionais - FLONA.

O Protocolo Verde é uma declaração de princípios assinada pelos bancos públicos brasileiros, de maneira a garantir que os projetos de desenvolvimento financiados por investimentos públicos sejam ambientalmente sustentáveis e de acordo com a legislação ambiental.

O artigo 14 da Lei nº 6.938, de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, em seu *caput* e incisos II e III, diz que sem prejuízo das penalidades definidas pela legislação federal, estadual e municipal, o não-cumprimento das medidas necessárias à preservação ou correção dos inconvenientes e danos pela degradação da qualidade ambiental sujeitará os transgressores à perda ou restrição de incentivos e benefícios fiscais concedidos pelo poder

público e à perda ou suspensão de participação em linhas de financiamento em estabelecimentos oficiais de crédito.

O antigo sistema de financiamento público foi um dos responsáveis pela degradação ambiental e pela conversão insustentável de habitats naturais. Assim, o ajuste das políticas e práticas financeiras constitui um passo fundamental na promoção do desenvolvimento e da conservação do meio ambiente. Os impactos do Protocolo Verde ainda deverão ser claramente avaliados, mas se as

⁷⁴ Esse processo de controle ambiental é dinâmico e interativo. Nesse sentido, durante as campanhas de fiscalização, o agente ambiental notifica o proprietário para licenciar as atividades desenvolvidas na propriedade. Durante o processo de licenciamento, o projeto é analisado e as informações em meio digital são registradas na base cartográfica do estado, permitindo o monitoramento das atividades via geoprocessamento. As pendências e irregularidades são encaminhadas a ação judicial, responsabilizando o proprietário ao seu cumprimento.

⁷⁵ O volume de recursos obtidos com esse tipo de licenciamento - LAU não era expressivo até o ano de 2000, ficando abaixo dos valores obtidos em outras modalidades de licenciamento. No ano de 2001, com a intensificação dos trabalhos de campo, ocorreu um aumento significativo da arrecadação dessa categoria de licença, atingindo o valor de R\$1,97 milhões de reais. Esses valores superaram todos os demais tipos de arrecadações provenientes de licenças e multas emitidas pela FEMA.

preocupações ambientais forem verdadeiramente institucionalizadas nas práticas financeiras, as instituições financeiras nacionais podem representar um instrumento efetivo para o cumprimento da legislação e dos programas ambientais. Essa estratégia tem atingido relativo sucesso entre as instituições financeiras internacionais, como o Banco Mundial, que incorporou a preocupação ambiental nas linhas de financiamento e criou unidades administrativas para lidar com questões ambientais.

Finalmente, uma ação que conjuga as preocupações concernentes aos incentivos econômicos e à melhoria na fiscalização são os projetos FLONA. De acordo com o Decreto nº 1.289, de 27 de outubro de 1994, as florestas nacionais são áreas de domínio público, submetidas à condição de inalienabilidade e indisponibilidade, em parte ou no todo, constituindo-se bens da União, com cobertura vegetal nativa ou plantada. O intuito básico é aumentar a área sob o controle do Estado na região amazônica, reservando-a para fins de florestamento e promovendo seu uso de forma sustentável.

Os projetos das FLONA representam, de um lado, um atrativo aos empreendedores madeireiros, que passam a contar com a possibilidade de explorar recursos que não estão em suas propriedades privadas, podendo nelas adiar a exploração da madeira-de-lei. De outro lado, as FLONA podem tornar-se áreas de fomento à pesquisa de novas técnicas de manejo florestal que institutos de pesquisa e ONGs têm desenvolvido, mas que podem não ser facilmente disseminadas ou implementadas por empreendedores resistentes a mudar seus métodos tradicionais, a menos que sejam obrigados a tal ou recebam benefícios econômicos para isso.

A anulação de concessões florestais que o IBAMA já havia conferido, juntamente com disposições assegurando que apenas atividades florestais sustentáveis sejam permitidas no futuro (artigo 3º da Medida Provisória nº 1.511-16), e o avanço na instituição de FLONA devem representar uma primeira iniciativa para a efetiva implementação do Pacote Amazônico.

De acordo com o IBAMA, há 59 florestas nacionais, o que corresponde a mais de 16 milhões de hectares. Nessas áreas, o governo será capaz de fazer melhor supervisão e poderá permitir o desenvolvimento de sistemas florestais e de atividades extrativistas sustentáveis.

Outro passo importante dado no processo de elaboração e revisão de normas e instrumentos de gestão florestal é a Lei nº 9.393, de 19 de dezembro de 1996, que regulamenta o Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural - ITR (*vide* item 7.11.6). O ITR, de apuração anual, incide sobre a propriedade, o domínio útil ou a posse de área contínua, formada de uma ou mais parcelas de terras, localizada na zona rural.

Essa decisão estimula iniciativas importantes como a criação de reserva legal e de áreas de preservação permanente, a adoção de manejo florestal e a ampliação de unidades contempladas na programação específica de Reservas Particulares de Patrimônio Natural - RPPN (*vide* item 7.8).

7.6.3 Estratégia de Ação Política

A formulação e a execução de uma estratégia de ação, de alcance regional e amplitude social, requerem uma postura inovadora do Governo Federal por meio da elaboração de agendas positivas: como ouvir todos os segmentos envolvidos com o problema, identificar propostas e negociar soluções em busca de consenso.

A elaboração de uma agenda positiva pressupõe que problemas como desflorestamentos e queimadas não serão equacionados somente por meio de fiscalização, mas por um esforço articulado de diversos segmentos da sociedade, apresentando alternativas que gerem emprego e renda de forma sustentável, contribuindo para a solução das crises econômicas e ambientais baseadas em diretrizes políticas.

Nesse sentido, o MMA fixou, em 1999, cinco diretrizes para combater o desflorestamento na Amazônia⁷⁶:

- aperfeiçoar o monitoramento florestal, por meio da identificação das causas econômicas e sociais que originam o desflorestamento, e assegurar recursos ao IBAMA e órgãos estaduais de meio ambiente para executar as ações de fiscalização pertinentes;
- fortalecer os projetos agroflorestais inovadores que estão em execução em caráter piloto na Amazônia e inserir os resultados positivos nas políticas para a região;
- reorientar os mecanismos de crédito para projetos de uso sustentável dos recursos naturais regionais;
- reconverter as áreas degradadas (cerca de 100 milhões de hectares) para atividades agroflorestais de pequeno e médio porte, evitando o avanço das frentes econômicas sobre a floresta nativa;
- consolidar e ampliar os projetos econômicos e sociais que assegurem o uso sustentável da biodiversidade e a permanência das populações tradicionalmente adaptadas ao ambiente tropical.

Assim, elaborou-se um programa de trabalho, coordenado pela Secretaria da Amazônia do MMA, que tem como objetivo geral promover a gestão ambiental e o desenvolvimento sustentável da Amazônia. E tem como objetivos específicos promover a gestão ambiental descentralizada; implementar atividades de desenvolvimento sustentável como alternativa ao desflorestamento; e valorizar os serviços ambientais oferecidos pela floresta amazônica e pelas populações extrativistas.

As populações tradicionais da Amazônia, representadas por índios, ribeirinhos e extrativistas, coexistem com a floresta há décadas, garantindo seu sustento com baixíssimos impactos ambientais. Essa situação tem sido constantemente ameaçada pelas diversas formas predatórias de ocupação da região, resultando, muitas vezes, em êxodo de populações em direção à periferia das cidades e/ou substituição de áreas florestadas por áreas degradadas, gerando conseqüências de alto impacto ambiental. Faz-se necessário, pois, promover a sustentabilidade dos meios de vida das populações tradicionais que coexistem com a floresta.

Procura-se, portanto, reverter o processo de desflorestamento, tendo como base a busca de soluções endógenas para a região. De acordo com essa filosofia, um plano de trabalho estabelecido pela Secretaria da Amazônia, do MMA, entre 1999 e 2003, envolve os seguintes programas: Programa de Desenvolvimento do Ecoturismo da Amazônia Legal - Turismo Verde (Proecotur); Programa Brasileiro de Ecologia Molecular para o Uso Sustentável da Biodiversidade da Amazônia - Proben/Amazônia; Expansão e Consolidação de um Sistema de Áreas Protegidas; Programa Amazônia Solidária. E finalmente o Programa Nacional de Florestas, o qual merece destaque.

⁷⁶ De acordo com o discurso de posse do Ministro José Sarney Filho, ao assumir o cargo no início de 1999.



Programa Nacional de Florestas

Instituído pelo Decreto nº 3.420, de 20 de abril de 2000, o Programa Nacional de Florestas tem a missão de promover o desenvolvimento florestal sustentável, conciliando a exploração com a proteção dos ecossistemas, e de compatibilizar a política florestal com as demais políticas públicas, de modo a promover a ampliação dos mercados interno e externo e o desenvolvimento institucional do setor. As linhas temáticas e respectivas metas do Programa Nacional de Florestas podem ser observadas na Tabela 7.6.1.

Para todas as ações, deverão ser estabelecidas parcerias com o setor privado — representado pelas indústrias de papel e celulose, indústria de madeira, siderurgia a carvão vegetal, consumidores de matéria-prima florestal — instituições de pesquisa e ensino, profissionais do setor, os governos estaduais e municipais, outros Ministérios e órgãos federais, organismos internacionais e ONGs ambientalistas e sociais.

Tabela 7.6.1 - Linhas temáticas e respectivas metas do Programa Nacional de Florestas

Linhas Temáticas	Metas
Expansão da base florestal plantada	- 630 mil hectares / ano de plantações.
Expansão e consolidação do manejo de florestas nativas em áreas públicas	- ampliar em 50 milhões hectares as áreas de FLONA na Amazônia Legal, até o ano 2010, sendo 10 milhões de hectares, até 2003; - assegurar que as FLONA atuais e futuras possam suprir, no mínimo, 10% da demanda de madeira em tora, oriunda da Amazônia, até o ano 2003; - aumentar para 1,5 milhão de hectares as FLONA e as florestas estaduais e municipais no Nordeste, até 2010, para o abastecimento da demanda por lenha, produtos não-madeireiros e de uso rural na região; - ampliar as áreas de reservas extrativistas e equivalentes.
Manejo de florestas nativas em áreas privadas	- incorporar ao regime de produção sustentável área de 20 milhões de hectares na Amazônia e 560 mil hectares no Nordeste até o ano 2010.
Monitoramento e controle	- ampliar o monitoramento do uso dos recursos florestais para todo o território nacional; - reduzir as queimadas, os incêndios florestais e a extração predatória de produtos madeireiros e não-madeireiros; - revisar os instrumentos normativos que concedem a autorização de desflorestamento; - apoiar os processos de descentralização das atividades de monitoramento, controle e fiscalização.
Populações tradicionais e indígenas	- ampliar a implementação de programas, projetos e atividades, envolvendo os governos federal, estaduais e municipais, ONGs e outros segmentos dos setores produtivos e social que valorizem o conhecimento das populações tradicionais e indígenas.
Educação, ciência e tecnologia florestais	- aumentar em 50% a produtividade nas pequenas e médias propriedades florestais, em 10 anos; - viabilizar técnicas operacionais de redução de custos de recuperação de áreas alteradas e restauração de áreas de preservação permanente; - apoiar os projetos e atividades de utilização dos resíduos das indústrias madeireiras; - diminuir em 30% a geração de resíduos em serrarias.
Serviços ambientais das florestas	- restaurar 100 mil hectares/ano de florestas de preservação permanente, em áreas prioritárias de bacias hidrográficas selecionadas; - criar mecanismos para captação de recursos financeiros, internos e externos, para a proteção, recuperação e restauração de áreas de preservação permanente.
Fortalecimento institucional e de extensão florestal	- realizar estudos visando subsidiar o processo de aprimoramento da gestão florestal; - criar um fundo de desenvolvimento florestal, com dotação orçamentária de R\$ 100 milhões/ano; - realizar cursos de atualização profissional e melhorar a estrutura física das instituições florestais; - criar ou consolidar programas de extensão florestal nos estados, Distrito Federal e municípios; - instituir programa para valorizar o manejo florestal sustentável.
Modernização da indústria de base florestal	- melhorar a eficiência no processamento de madeira em tora para cerca de 50% a 60% até 2003; - agregar valor a 40% da produção de madeira processada até 2003; - capacitar cerca de 10% da mão-de-obra utilizada pela indústria de base florestal até 2003.
Mercado e comércio de produtos florestais	- incrementar as exportações de madeira de origem sustentável de menos de 5% para, no mínimo, 30% até 2010; - estimular o aumento da participação de produtos e subprodutos florestais com maior valor agregado (beneficiados e movelaria), na pauta de exportações brasileiras para 30% até 2010; - manter a posição de liderança do setor de papel e celulose nos mercados internos e externo.

7.7 Projeto de Estimativa do Desflorestamento Bruto da Amazônia Brasileira - PRODES

O Projeto de Estimativa do Desflorestamento Bruto da Amazônia Brasileira - PRODES (*vide* <http://www.obt.inpe.br/prodes/>) é o maior projeto de monitoramento de florestas do mundo utilizando técnicas de sensoriamento remoto por satélite. O INPE, há vários anos, analisa as imagens do satélite Landsat para acompanhar a evolução do desflorestamento bruto da Amazônia. A divulgação dos dados evidencia o continuado compromisso do Governo Federal em tratar essas informações com transparência.

A Amazônia brasileira abrange os estados do Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins e parte dos estados do Mato Grosso e do Maranhão, correspondendo a uma área de aproximadamente 5 milhões de km². Deste total, as classes de fisionomia florestal estendem-se por cerca de 4 milhões de km².

As imagens de satélite, em composições coloridas na escala 1:250.000, permitem identificar alterações em áreas de floresta a partir de 6,25 hectares. A Amazônia é coberta por 229 dessas imagens que fornecem os limites entre a área de floresta original e outros tipos de vegetação. A cada levantamento são delimitadas as áreas de novos desflorestamentos, que são decalcadas em papel vegetal (*overlays*) e sofrem uma rigorosa auditoria. Quando aprovados, os *overlays* são digitalizados e a extensão e a localização de cada área desflorestada são computadas com o uso de um SIG.

O procedimento metodológico desenvolvido no INPE viabilizou a criação do PRODES Digital, cujo objetivo é automatizar as operações do projeto, consolidando uma base georreferenciada confiável e de fácil manuseio para o usuário.

O PRODES, além de fornecer estimativas da extensão e da taxa do desflorestamento bruto, indica geograficamente as áreas mais críticas. Por exemplo, em 1999, mais de 78% do desflorestamento bruto na Amazônia concentrou-se em 44

das 229 imagens do satélite Landsat. Adicionalmente, os dados do PRODES são sobrepostos ao mapa de vegetação (RADAM) do IBGE para identificar os tipos florestais que vêm sofrendo processo de alteração. A distribuição dos novos desflorestamentos por classe de tamanho, também fornecida nesse estudo, é utilizada pelo IBAMA como um indicador das possíveis causas do desflorestamento na Amazônia.

As informações fornecidas pelo INPE permitem ao IBAMA e aos órgãos estaduais de meio ambiente realizar o levantamento das causas, da dinâmica e das conseqüências do processo de desflorestamento na Amazônia.

A estratégia de fiscalização integrada executada pelo IBAMA é baseada nos seguintes pontos:

- uso intensivo de sensores aerotransportados para identificação de corte seletivo de madeira;
- adoção de sistemas de comunicação via satélite, instalados nos veículos de fiscalização do IBAMA para a consulta de cadastros, possibilitando a verificação da documentação e a existência de irregularidades;
- identificação, difusão e aplicação de tecnologias para o uso sustentado da floresta, visando substituir práticas agrícolas e florestais agressivas ao meio ambiente.

Como resultado, é possível o controle na emissão de autos de infração, autorizações de transporte de produtos florestais e laudos de vistoria, além de permitir o acompanhamento do trabalho dos fiscais.

7.7.1 Dados Levantados pelo PRODES

Desflorestamento é entendido como a conversão de áreas de fisionomia florestal primária por ações antrópicas, para desenvolvimento de atividades agrosilvopastoris, detectada a partir de plataformas orbitais para fins do PRODES. O termo desflorestamento bruto indica que não foram deduzidas, no cálculo da extensão e da taxa, áreas em processo de sucessão secundária ou recomposição florestal.

Tabela 7.7.1 - Taxa média de desflorestamento bruto de 1978 a 1999 (km²/ano)

Estados da Amazônia Brasileira*	77/88*	88/89	89/90	90/91	91/92	92/94**	94/95	95/96	96/97	97/98	98/99
(km ² /ano)											
Acre	620	540	550	380	400	482	1208	433	358	536	441
Amapá	60	130	250	410	36	-	9	-	18	30	-
Amazonas	1510	1180	520	980	799	370	2114	1023	589	670	720
Maranhão	2450	1420	1100	670	1135	372	1745	1061	409	1012	1230
Mato Grosso	5140	5960	4020	2840	4674	6220	10391	6543	5271	6466	6963
Pará	6990	5750	4890	3780	3787	4284	7845	6135	4139	5829	5111
Rondônia	2340	1430	1670	1110	2265	2595	4730	2432	1986	2041	2358
Roraima	290	630	150	420	281	240	220	214	184	223	220
Tocantins	1650	730	580	440	409	333	797	320	273	576	216
TOTAL Amazônia	21130	17860	13810	11130	13786	14896	29059	18161	13227	17383	17259

Fonte: INPE, 2001.
* média da década.
** média do biênio.



No período de 1995 a 1997, a taxa de desflorestamento aumentou e depois diminuiu. Em 1995, o desflorestamento atingiu seu pico, com 29.059 km², em oposição a menor marca registrada na década, em 1991, de 11.130 km². Em 1997, o desflorestamento registrado foi de 13.037 km², a segunda menor taxa já registrada, confirmando uma tendência de queda iniciada em 1996, quando o índice caiu cerca de 40%. No entanto, a taxa de desflorestamento voltou a crescer no período relativo aos anos de 1998 e 1999.

vegetação em transição, ou seja, corresponde ao avanço da fronteira agrícola, principalmente nos estados do Mato Grosso, Rondônia, Maranhão, Pará e Tocantins. A extensão do desflorestamento bruto na região amazônica, em 1999, correspondeu a 569.269 km².

O desflorestamento ocorre principalmente numa faixa denominada arco de desflorestamento. Esse arco tem início no nordeste do estado do Pará, seguindo em direção ao sul, margeando a porção ocidental do estado do Maranhão, noroeste do estado de Tocantins, prosseguindo pelo norte do estado do Mato Grosso em direção ao estado de Rondônia,

Tabela 7.7.2 - Taxa média de desflorestamento bruto de 1978 a 1999 (%)

Estados da Amazônia Brasileira*	77/88*	88/89	89/90	90/91	91/92	92/94**	94/95	95/96	96/97	97/98	98/99
	(%)										
Acre	0,42	0,39	0,39	0,28	0,29	0,35	0,86	0,31	0,26	0,40	0,33
Amapá	0,06	0,12	0,23	0,37	0,03	-	0,01	-	0,02	0,03	-
Amazonas	0,10	0,08	0,04	0,07	0,06	0,03	0,14	0,07	0,04	0,05	0,05
Maranhão	1,79	1,30	1,03	0,63	1,07	0,35	3,21	2,01	0,40	0,99	1,21
Mato Grosso	1,01	1,31	0,90	0,64	1,05	1,40	2,43	1,56	1,25	1,56	1,71
Pará	0,62	0,55	0,47	0,37	0,37	0,42	0,78	0,62	0,41	0,58	0,51
Rondônia	1,11	0,78	0,91	0,62	1,27	1,46	2,75	1,45	1,18	1,23	1,44
Roraima	0,18	0,39	0,10	0,27	0,18	0,15	0,14	0,14	0,11	0,14	0,14
Tocantins	2,97	2,00	1,61	1,61	1,17	0,95	2,29	0,94	0,81	1,73	0,66
TOTAL Amazônia	0,54	0,48	0,37	0,30	0,37	0,40	0,81	0,51	0,37	0,48	0,48

Fonte: INPE, 2001.

Desflorestamento bruto relativo à área de fisionomia florestal remanescente.

* média da década.

** média do biênio.

A superposição de mapas de desflorestamento a mapas de vegetação das áreas que estão sofrendo processo de ocupação indesejada mostra claramente que o avanço do desflorestamento está ocorrendo em uma região de

atravessando-o por inteiro no sentido leste-oeste até atingir o leste do estado do Acre.

Figura 7.1 - Desflorestamentos observados em 1999

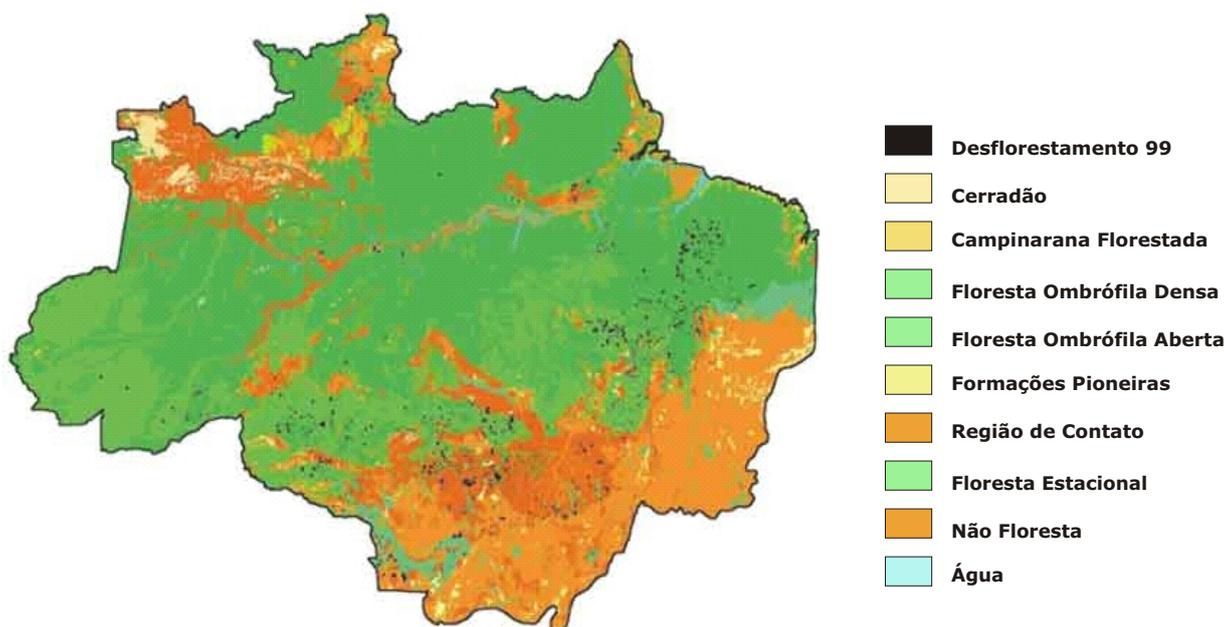


Tabela 7.7.3 - Extensão do desflorestamento bruto de janeiro de 1978 a agosto de 1999

Estados da Amazônia Brasileira	jan/78	abr/88	ago/89	ago/90	ago/91	ago/92	ago/94	ago/95	ago/96	ago/97	ago/98	ago/99
	(km ²)											
Acre	2500	8900	9800	10300	10700	11100	12064	13306	13742	14203	14714	15136
Amapá	200	800	1000	1300	1700	1736	1736	1782	1782	1846	1962	1963
Amazonas	1700	19700	21700	22200	23200	23999	24739	26629	27434	28140	28866	29616
Maranhão	63900	90800	92300	93400	94100	95235	95979	97761	99338	99789	100590	102326
Mato Grosso	20000	71500	79600	83600	86500	91174	103614	112150	119141	125023	131808	137610
Pará	56400	131500	139300	144200	148000	151787	160355	169007	176138	181225	188372	194619
Rondônia	4200	30000	31800	33500	34600	36865	42055	46152	48648	50529	53275	55274
Roraima	100	2700	3600	3800	4200	4481	4961	5124	5361	5563	5791	6112
Tocantins	3200	21600	22300	22900	23400	23809	24475	25142	25483	25768	26404	26613
TOTAL AMAZÔNIA*	152200	377500	401400	415200	426400	440186	469978	497055	517069	532086	551782	569269

Fonte: INPE, 2001.

* incluindo desflorestamento antigo.

7.8 O Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC

O Brasil é um dos países mais ricos do mundo em termos ambientais: possui em seu território aproximadamente 1/3 das florestas tropicais remanescentes e o maior sistema fluvial do planeta. Além disso, abriga a parte mais extensa do maior complexo de terras inundáveis, o Pantanal; a savana que contém a mais rica diversidade biológica, o Cerrado; e mais mangues que qualquer outro país. A flora brasileira representa 22% da flora mundial e há, no território nacional, muitas espécies de flora e fauna que são endógenas.

Apesar de possuir uma das legislações ambientais mais avançadas do mundo (vide item 7.1), há dificuldades para combater a destruição, em muitas áreas, da flora e fauna brasileiras. Por essa razão, foram criadas as unidades de conservação, espaços destinados especificamente à proteção e à conservação de amostras de cada tipo de flora e fauna existentes. A legislação relativa às unidades de conservação era fragmentada e esparsa. Em 18 de julho de 2000, após um longo processo legislativo, foi aprovada a Lei nº 9.985 que consolida e institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC, constituído pelo conjunto das unidades de conservação federais, estaduais e municipais. Pode-se compreender como unidade de conservação o "espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção".

O SNUC tem os seguintes objetivos:

- contribuir para a manutenção da diversidade biológica e dos recursos genéticos no território nacional e nas águas jurisdicionais;
- proteger as espécies ameaçadas de extinção no âmbito regional e nacional;
- contribuir para a preservação e a restauração da diversidade de ecossistemas naturais;
- promover o desenvolvimento sustentável a partir dos recursos naturais;

- promover a utilização dos princípios e práticas de conservação da natureza no processo de desenvolvimento;
- proteger paisagens naturais e pouco alteradas de notável beleza cênica;
- proteger as características relevantes de natureza geológica, geomorfológica, espeleológica, arqueológica, paleontológica e cultural;
- proteger e recuperar recursos hídricos e relativos ao solo;
- recuperar ou restaurar ecossistemas degradados;
- proporcionar meios e incentivos para as atividades de pesquisa científica, estudos e monitoramento ambiental;
- valorizar econômica e socialmente a diversidade biológica;
- favorecer condições e promover a educação e interpretação ambiental, a recreação em contato com a natureza e o turismo ecológico;
- proteger os recursos naturais necessários à subsistência de populações tradicionais, respeitando e valorizando seu conhecimento e sua cultura e promovendo-as social e economicamente.

O Brasil dispõe de um quadro de unidades de conservação extenso. As linhas gerais de política de criação, valoração e utilização das unidades de conservação são traçadas pelo Conama, tendo como órgãos executores o IBAMA e os órgãos estaduais e municipais responsáveis.

As unidades de conservação integrantes do SNUC dividem-se em dois grupos com características específicas: unidades de proteção integral e unidades de uso sustentável. O objetivo básico das unidades de proteção integral é preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, com exceções previstas em lei. O grupo das unidades de proteção integral é composto pelas Estações Ecológicas - ESEC, Reservas Biológicas - REBIO, Parques Nacionais - PARNA e Monumentos Naturais e Refúgios da Vida Silvestre. Já as unidades de uso sustentável, têm como objetivo básico compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela



dos seus recursos naturais. Áreas de Proteção Ambiental - APA, Áreas de Relevante Interesse Ecológico - ARIE, FLONA, Reservas Extrativistas - RESEX, Reservas da Fauna, Reservas de Desenvolvimento Sustentável e Reservas Particulares do Patrimônio Nacional - RPPN constituem o grupo das unidades de uso sustentável.

Sem contar as reservas indígenas⁷⁷, as unidades de conservação federais no país são, ao todo, 226 unidades, com área total de 44.835.960,84 hectares, ou 448,35 mil km², que correspondem a 5,25% do território brasileiro.

Tabela 7.8.1 - Unidades de Conservação Federais por categoria

Categoria		Nº	Área total*	país**
			(ha)	(%)
Proteção integral	Parques Nacionais	47	11.669.883,78	1,37
	Reservas Biológicas	24	2.984.401,23	0,35
	Estações Ecológicas	28	3.694.311,67	0,43
Subtotal	Proteção Integral	99	18.348.596,68	2,15
Uso sustentável	Áreas de Proteção Ambiental - APA	28	6.473.193,04	0,76
	Florestas Nacionais - FLONA	59	16.075.244,67	1,88
	Áreas de Relevante Interesse Ecológico	17	32.371,24	0,0
	Reservas Extrativistas	23	3.906.555,22	0,46
Subtotal	Uso Sustentável	127	26.487.364,17	3,10
TOTAL	UNIDADES DE CONSERVAÇÃO FEDERAIS	226	44.835.960,84	5,25

Fonte: IBAMA, 1997 (atualizado pelo IBAMA-DIREC em 2002).

* As sobreposições entre as unidades de conservação foram processadas incluindo-as na categoria de maior restrição.

** Baseia-se na malha municipal digital do Brasil de 1996, fornecida pelo IBGE; área continental do país, não inclui as ilhas oceânicas.

Há um grande número de unidades de conservação administradas pelos estados (451 unidades, em 1997), protegendo uma área total superior a 29,8 milhões de hectares. Algumas dessas unidades são bem extensas, como a Reserva de Desenvolvimento Sustentado de Amanã - AM, com 2,35 milhões de hectares. Essa reserva se liga à Reserva de Desenvolvimento Sustentado de Mamirauá, ao Parque Nacional de Jaú, à Estação Ecológica de Anavilhanas e ao Parque Estadual do rio Negro, compondo, juntamente com essas áreas, um corredor contínuo no estado do Amazonas de mais de 8.567.908 ha.

⁷⁷ Com um total de 586 áreas, as terras indígenas ocupam uma extensão total de 105.091.977 há, representando 12,3% da área continental do país (IBAMA, 2002).

Tabela 7.8.2 Unidades de Conservação estaduais no Brasil por estado

Estado / Região*	UCs de proteção integral		UCs de uso sustentável	
	Área	Número	Área	Número
	(ha)		(ha)	
Centro-Oeste	590.448	25	391.958	9
DF	15.737	7	71.256	4
GO	32.158	5	3.244	2
MS	765	3	-	0
MT	541.788	10	317.458	3
Nordeste	778.474	62	7.040.692	53
AL	892	2	19.700	2
BA	17.105	9	489.074	21
CE	59	1	33.119	4
MA	748.312	3	6.321.569	7
PB	2.647	4	-	0
PE	8.287	41	24.195	14
RN	1.172	2	1.880	1
SE	-	0	54.413	3
PI	-	0	96.742	1
Norte	3.293.759	16	13.081.345	41
AC	-	0	-	0
AM	2.320.012	4	5.831.191	7
AP	5.811	2	23.000	1
PA	24.897	1	6.009.711	3
RO	942.739	8	1.062.607	27
RR	-	0	-	0
TO	300	1	154.836	3
Sudeste	1.052.135	107	2.125.792	53
ES	10.334	10	26.729	6
MG	113.765	27	186.897	5
RJ	89.873	14	87.217	10
SP	838.163	56	1.824.949	32
Sul	254.327	57	1.156.402	28
RS	87.645	20	54.058	4
SC	108.524	7	1.100	1
PR	58.158	30	1.101.244	23
TOTAL	5.969.143	267	23.796.189	184

Fonte: Marino, 1997.

* Unidades da Federação e Regiões Brasileiras.



Um estudo do Fundo Nacional do Meio Ambiente - FNMA, incluindo unidades de conservação federais, estaduais e alguma municipais, revelou que, em termos de ecossistema, a Amazônia contém a maior extensão de áreas protegidas, embora, em termos percentuais, seja a Zona Costeira que abriga maior proporção de superfície do bioma coberta por unidades de conservação.

Embora o número de unidades de conservação seja expressivo, deve-se levar em consideração o fato de que a simples criação das mesmas, com o objetivo de proteger a biodiversidade, não garante que isso ocorra de fato. Muitas dessas unidades apresentam problemas de implementação que inviabilizam sua função. Tal fato decorre da insuficiência dos recursos disponibilizados pela União, fazendo com que sejam necessários programas de cooperação internacional e co-gestões com organizações não-governamentais.

Tabela 7.8.3 - Unidades de Conservação federais por bioma

Biomias Brasileiros	Área do Bioma*	Participação do total	Proteção integral**	Participação do total	Uso sustentável**	Participação do total
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
Amazônia	368.896.022,37	43,17	13.568.629,85	3,68	19.846.195,37	5,38
Caatinga	73.683.115,53	8,62	504.938,65	0,69	1.597.553,44	2,17
Campos Sulinos	17.137.704,54	2,01	50.992,75	0,30	317.015,82	1,85
Cerrado	196.776.092,28	23,03	2.638.266,86	1,34	1.467.786,66	0,75
Costeiro	5.056.768,47	0,59	322.675,01	6,38	316.060,62	6,25
Ecótonos Caatinga-Amazônia	14.458.259,63	1,69	6.659,04	0,05	1.064.640,06	7,36
Ecótonos Cerrado-Amazônia	41.400.717,92	4,84	5.678,78	0,01	36.127,02	0,09
Ecótonos Cerrado-Caatinga	11.510.813,00	1,35	383.732,97	3,33	15.527,72	0,13
Mata Atlântica	110.626.617,41	12,95	790.857,21	0,71	1.823.262,27	1,65
Pantanal	13.684.530,26	1,60	75.494,59	0,55		
Área não mapeada	1.310.194,36	0,15				
TOTAIS	854.540.835,77	100	18.347.925,72	2,15	26.484.168,98	3,10

Fonte: Marino, 1997 (atualizado pelo IBAMA-DIREC em 2002).

* segundo mapeamento elaborado pelo IBAMA/WWF na escala 1:5.000.000.000, sendo considerado apenas a área continental.

** as sobreposições entre as UCs foram processadas incluindo-as na categoria de maior restrição.

Também nos municípios existem sistemas organizados de áreas protegidas, em geral vinculados às respectivas Secretarias de Meio Ambiente e com dotações nos respectivos orçamentos. Adicionalmente, muitas universidades e institutos de pesquisa estabelecem e protegem significativas áreas de reservas ecológicas/florestais com finalidade científica e experimental, além de conservação.

Algumas organizações privadas administram áreas protegidas com a finalidade de conservação, muitas delas vinculadas ao turismo ecológico. Empresas mineradoras, energéticas e florestais, principalmente no ramo da celulose, possuem igualmente importantes reservas criadas como compensação ambiental ou voltadas para o desenvolvimento de técnicas de manejo. Empresas de papel e celulose, por exemplo, mantêm mais de 1.000.000 ha protegidos apenas na região da Mata Atlântica. Além disso, várias ONGs conservacionistas mantêm importantes reservas particulares ou santuários ecológicos.

Outro avanço verificado nos últimos anos, foi a criação de RESEX marinhas ao longo da costa brasileira. São reservas que abrangem apenas a parte aquática, sem exigir a solução de problemas fundiários na parte costeira protegida pela legislação ordinária. Além dessas RESEX, existem as unidades federais de conservação constituídas por ilhas oceânicas ou costeiras, assim como outras que protegem praias, dunas, recifes de corais, pastos marinhos, baías, estuários, lagunas com influência marinha, banhados, manguezais, restingas e marismas⁷⁸. Apesar da existência dessas RESEX, a conservação das zonas costeira e marinha ainda é precária.

Um estudo desenvolvido pela WWF, em 1999, revelou que entre as 86 unidades de conservação analisadas, 47 estavam em situação precária, 32 foram consideradas como minimamente implementadas e somente 7 foram classificadas como razoavelmente implementadas.

O principal problema enfrentado pela estratégia de proteção às unidades de conservação de proteção integral, naquela ocasião denominadas de uso indireto, tem sido o pequeno número de funcionários do IBAMA por área, numa relação de um funcionário para 27.560 hectares, em média. Outros fatores limitantes são a inacessibilidade às áreas e a falta de meios de transporte e de equipamentos. Em pontos estratégicos, foi mobilizado o auxílio do Exército, das polícias estaduais e federal, das prefeituras e de organizações não-governamentais. Nas RESEX e reservas de desenvolvimento sustentado, têm sido mobilizados "fiscais colaboradores", assim como lideranças da própria comunidade treinadas e credenciadas pelo IBAMA. A fiscalização nas unidades costeiras e marinhas tem sido dificultada pela não existência de uma guarda costeira com atuação na área ambiental. Entretanto, a Marinha do Brasil frequentemente colabora com o IBAMA na fiscalização.

Outro problema que se identifica é que o desflorestamento e a ocupação da terra no entorno dos parques, para exploração imobiliária e atividades agropecuárias, convertem grande parte dessas unidades em "ilhas verdes" sob constante pressão externa, o que contradiz a legislação que prevê a existência de uma faixa de 10 km ao redor das unidades de conservação. Nessa "zona tampão", definida em resolução do Conama, a ocupação humana e as atividades econômicas

⁷⁸ Terrenos alagadiços à beira do mar ou rio.

devem ser compatíveis com o papel de preservação da unidade, não oferecendo risco para sua integridade.

Espera-se que a Lei nº 9.985 de 2000 promova a melhoria na administração das unidades de conservação ao atualizar e consolidar os princípios e diretrizes que equilibram a aplicação das políticas públicas em relação à conservação da diversidade biológica *in situ*, em substituição ao conjunto de leis existentes sobre a matéria.

De acordo com essa lei, os órgãos responsáveis pela administração das unidades de conservação podem receber recursos, inclusive taxas de visitação, ou doações de qualquer natureza, nacionais e internacionais, com ou sem encargos, provenientes de organizações privadas ou públicas ou de pessoas físicas que desejarem contribuir com a sua colaboração. Ademais, a administração dos recursos obtidos cabe ao órgão gestor da unidade, e esses serão utilizados exclusivamente na sua implementação, gestão e manutenção. Essa novidade em relação à gestão direta dos recursos por parte dos administradores das unidades de conservação foi bem recebida pelos ambientalistas.

Outro avanço importante na conservação da diversidade biológica no Brasil é a implantação das Reservas Particulares do Patrimônio Natural - RPPN, áreas privadas, gravadas com perpetuidade, com o objetivo de conservar a diversidade biológica. A RPPN é um tipo de reserva criada pelo Decreto Federal nº 98.914, de 31 de janeiro de 1990, que experimentou forte expansão após 1992 e foi consolidado pela Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000.

Desde 1990 as áreas consideradas RPPN não podem ser desflorestadas e nem pode haver retirada de produtos extrativistas para que a área mantenha as características de banco genético, com proteção integral e perene. O Decreto nº 1.922, de 5 de junho de 1996, estabeleceu regras para o reconhecimento das RPPN. Tinham sido criadas 150 em todo o país até 1998 com áreas entre 1.000 e 104.000 hectares, totalizando 341.057,34 ha.

O proprietário pode transformar toda a área em RPPN, ou apenas parte dela. Para que uma área possa ser reconhecida como RPPN, ela precisa ser significativa para a proteção da diversidade biológica, conter paisagens de grande beleza ou reunir condições que justifiquem ações de recuperação ambiental capazes de promover a conservação de ecossistemas frágeis ou ameaçados. Os proprietários de RPPN, pessoas

físicas ou jurídicas, usufruem de algumas vantagens: não pagam Imposto Territorial Rural - ITR na parte da propriedade que tenha essa destinação, têm prioridade para obter recursos do FNMA e têm proteção contra queimadas, caça e desflorestamento.

Tabela 7.8.4 - RPPN por estado

Estado / Região	Nº de RPPN	Área
		(ha)
Amapá	1	46,75
Amazonas	5	104.222,96
Pará	1	2.000,00
Rondônia	1	623,24
Roraima	1	109,59
Tocantins	1	745
Norte	10	107.747,54
Alagoas	3	180,5
Bahia	15	9.821,59
Ceará	3	3.124,33
Maranhão	5	1.054,04
Paraíba	4	5.580,65
Pernambuco	1	1.485,00
Piauí	1	27.458,00
Rio Grande do Norte	2	910,24
Nordeste	34	49.614,35
Distrito Federal	1	1,00
Goias	15	13.306,60
Mato Grosso	6	82.040,79
Mato Grosso do Sul	9	49.533,35
Centro-Oeste	31	144.881,74
Minas Gerais	30	21.841,60
Rio de Janeiro	16	3.037,78
São Paulo	10	346,19
Sudeste	56	25.225,57
Paraná	4	2.272,35
Rio Grande do Sul	9	3.175,68
Santa Catarina	6	8.140,11
Sul	19	13.588,14
BRASIL	150	341.057,34

Fonte: IBAMA-DIREC, 1998 (Atualizado pelo IBAMA-DIREC em 2002).



As áreas indígenas são destinadas pela União ao usufruto exclusivo das comunidades indígenas que as habitam. De acordo com o artigo 17 da Lei nº 6.001, o Estatuto do Índio, de 19 de dezembro de 1973, reputam-se terras indígenas as áreas reservadas (reserva indígena, parque indígena e colônia agrícola indígena) e as terras de domínio das comunidades indígenas ou de silvícolas. Concomitantemente, a Portaria nº 1.060, de 5 de dezembro de 1994, da Fundação Nacional do Índio - FUNAI, estipulou o nome "terra indígena" para todo e qualquer território ocupado por indígenas.

Valendo-se dessa classificação, o Brasil possui uma extensão territorial de 105.091.977 ha de terras indígenas, correspondendo a 12,3% do território nacional. Existem 586 terras indígenas⁷⁹, classificadas em registradas, homologadas, demarcadas, delimitadas e identificadas, sendo que 98% delas estão localizadas na Amazônia Legal (IBAMA, 2002).

Essas áreas não são consideradas unidades de conservação, já que seu objetivo primário de manejo não é a proteção da diversidade biológica. No entanto, devido à sua extensão, são muito importantes no processo de proteção da riqueza biológica do país.

Somando-se as terras indígenas às unidades de conservação federais e estaduais, o percentual de áreas protegidas, com diferentes graus de proteção, sobe para 20,78% do território nacional, sendo que a Amazônia Legal concentra 94% das terras abrangidas (IBAMA, 2002).

7.9 Prevenção de Incêndios e Queimadas

7.9.1 Sistema Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais - PREVFOGO

Em 10 de abril de 1989, o Governo Federal criou, por meio do Decreto nº 97.635, o Sistema Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais - PREVFOGO, que atribuiu ao IBAMA a competência de coordenar as ações necessárias à organização, implementação e operacionalização das atividades relacionadas à educação, pesquisa, prevenção, controle e combate aos incêndios florestais⁸⁰ e queimadas⁸¹.

Em 1990, primeiro ano de atuação do PREVFOGO, foram definidas duas linhas distintas de atuação, uma de curto e outra de médio prazo.

A primeira teve como objetivo primordial estabelecer mecanismos emergenciais de proteção contra incêndios nas unidades de conservação da União mais sujeitas a esse tipo de ocorrência. Para tanto procurou-se dotá-las de infraestrutura e meios para prevenção e combate aos incêndios florestais, bem como de recursos humanos capacitados para tais tarefas. Para atender a esse último aspecto, o IBAMA firmou convênios com os Corpos de Bombeiros dos estados do Rio de Janeiro, Distrito Federal e Goiás. Em 1991, essas atividades foram ampliadas e, a cada ano, novas áreas protegidas e outros estados estão sendo atendidos pelo programa.

A segunda linha de atuação objetivou o desenvolvimento de trabalhos que permitiram desenhar a forma de organização e de operação do sistema.

O decreto que criou o PREVFOGO foi revogado pelo Decreto Federal nº 2.661, de 8 de julho de 1998, o qual regulamentou o parágrafo único do artigo 27 da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965 (Código Florestal), mediante o estabelecimento de normas de precaução relativas ao emprego do fogo em práticas agropastoris e florestais, e dá outras providências. No entanto, o PREVFOGO foi mantido por esse novo decreto, cabendo-lhe ainda, desenvolver e difundir técnicas de manejo controlado do fogo, capacitar recursos humanos para difusão das respectivas técnicas e para conscientizar a população sobre os riscos do emprego inadequado do fogo. De acordo com esse novo instrumento legal, entende-se como incêndio florestal o fogo não controlado em floresta ou qualquer outra forma de vegetação.

Ainda de acordo com esse decreto, é vedado o emprego do fogo nas florestas e demais formas de vegetação — bem como para queima pura e simples de aparas de madeira, resíduos florestais e material lenhoso, quando seu aproveitamento for economicamente viável — em faixas definidas em torno de certas áreas, como linhas de transmissão, distribuição e subestação de energia elétrica, unidades de conservação, rodovias, aglomerados urbanos, entre outras.

Observadas certas normas e condições legais, é permitido o emprego do fogo em práticas agropastoris e florestais, mediante "queima controlada", a qual depende de obtenção de autorização prévia. Considera-se queima controlada o emprego do fogo como fator de produção e manejo em atividades agropastoris ou florestais, e para fins de pesquisa científica e tecnológica, em áreas com limites físicos previamente definidos.

7.9.2 Programa de Prevenção e Controle de Queimadas e Incêndios Florestais no Arco do Desflorestamento - PROARCO

Nos anos 1980, os índices de desflorestamento da Amazônia chegaram a consumir mais de 21 mil km²/ano. Na esteira desses desmatamentos, foram identificadas as maiores queimadas e incêndios na região. Nesse contexto, a combinação do excessivo número de queimadas em áreas desflorestadas da Amazônia com os efeitos adversos do *El Niño* poderá aumentar a susceptibilidade da cobertura vegetal ao fogo, especialmente em sua porção fronteira, correspondendo ao arco de desflorestamento.

Após o episódio dos incêndios florestais ocorridos no estado de Roraima, o Governo Federal reconheceu suas limitações para tratar de tais problemas isoladamente, sem o apoio de outras instâncias governamentais e não-governamentais. De modo geral, o episódio mostrou que as instituições governamentais que atuavam no controle das queimadas e dos incêndios florestais não estavam suficientemente aparelhadas e capacitadas para exercerem um efetivo monitoramento e controle desses processos.

O Programa de Prevenção e Controle de Queimadas e Incêndios Florestais no Arco do Desflorestamento - PROARCO, lançado em maio de 1998 pelo IBAMA, veio como resposta à busca de alternativas.

O objetivo geral do PROARCO (*vide* <http://www2.ibama.gov.br/proarco/>) é prevenir e combater a ocorrência de incêndios florestais em larga escala na Amazônia Legal, especialmente no arco de desflorestamento.

Para tanto, o programa pretende promover a integração dos órgãos de diferentes esferas do governo e da sociedade na execução de ações de prevenção, fiscalização e controle das queimadas e combate aos incêndios florestais na região, descentralizando a execução das ações e definindo as

⁷⁹ *Vide* nota de rodapé 77.

⁸⁰ É todo fogo sem controle que incide sobre qualquer forma de vegetação, podendo tanto ser provocado pelo homem (intencional ou negligência) quanto por fonte natural (raio).

⁸¹ São práticas agropastoris ou florestais, onde o fogo é utilizado de forma controlada, atuando como um fator de produção.

responsabilidades do Governo Federal, dos estados e das prefeituras.

7.9.3 Proibição da Queima na Colheita de Cana-de-açúcar

O Decreto Federal nº 2.661, de 8 de julho de 1998, analisado no item 7.9.1, também dispõe sobre a redução gradativa do emprego do fogo como método despalhador e facilitador do corte de cana-de-açúcar em lavouras superiores a cento e cinquenta hectares, passíveis de mecanização da colheita. A redução não poderá ser inferior a um quarto da área mecanizável de cada unidade agroindustrial ou propriedade não vinculada a unidade agroindustrial, a cada período de cinco anos, contados da data de publicação do decreto.

A cada cinco anos, contados da data de publicação desse decreto, será realizada, pelos órgãos competentes, avaliação das conseqüências sócio-econômicas decorrentes da proibição do emprego do fogo para promover os ajustes necessários nas medidas impostas, à luz da evolução tecnológica na colheita de cana-de-açúcar.

No estado de São Paulo, por meio de legislação estadual, procurou-se estabelecer prazos ainda menores para a redução da queima na colheita de cana, incluindo inclusive áreas não-mecanizáveis. O estado de São Paulo é o maior e mais moderno produtor de cana-de-açúcar do Brasil, com cerca de 3 milhões de hectares dedicados ao plantio dessa cultura, o que representa quase metade da área plantada de cana-de-açúcar do país.

Entretanto, a prática da despalha da cana pela queima é corrente, como em outros estados. Essa prática vem sendo contestada por membros do Ministério Público estadual por meio de ações judiciais e pela ação das comunidades preocupadas com seus efeitos sobre saúde, segurança, meio ambiente e qualidade de vida nos meios urbanos próximos às plantações. É questionada também pelos técnicos de governo pelos seus danos ambientais, particularmente a poluição do ar, os riscos de incêndios e os desflorestamentos.

Deve-se reconhecer, no entanto, que a colheita mecânica da cana vem crescendo nos últimos anos e apresenta alguns benefícios ambientais. Nesse sistema, a palha deixa de ser queimada, evitando emissões de poluentes atmosféricos, e as folhas secas, ponteiros e folhas verdes cortadas são lançadas sobre o solo, formando uma camada de material que, ao degradar-se, constitui fonte de nutrientes para o solo e para a cultura da cana, ou ainda é utilizada para a geração de energia. Contudo, a mecanização gera a pressão de usineiros que alegam dificuldades econômicas em adotar essa tecnologia, e o aumento do desemprego rural.

Em 1998, foi editada a Resolução Conjunta nº 01/1998 entre as Secretarias Estaduais de Agricultura e Abastecimento e do Meio Ambiente, regulamentando a eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar, estabelecendo a obrigatoriedade da apresentação de planos, critérios, prazos e relatórios de eliminação de queimadas, entre outras medidas.

No ano seguinte, foram retomadas as discussões no âmbito da Câmara do Setor Sucroalcooleiro do estado de São Paulo, visando nova negociação dos termos do Decreto Estadual nº 42.056, de 1997, o qual foi incapaz de atender uma série de reivindicações.

A Assembléia Legislativa do estado de São Paulo aprovou a Lei nº 10.547, de 2 de maio de 2000, que definiu procedimentos, proibições, regras de execução e medidas de precaução a serem obedecidas na utilização do fogo em práticas agrícolas, pastoris e florestais. A chamada Lei das Queimadas não estabelecia um cronograma claro para a eliminação do fogo nessas práticas, nem tampouco definia

sanções. Assim, novas medidas legais estão sendo tomadas para regulamentar o processo de proibição de queimada da cana no estado⁸².

7.10 Cidades pela Proteção do Clima

Cidades pela Proteção do Clima - CCP (*Cities for Climate Protection Campaign*) é uma campanha do Conselho Internacional para as Iniciativas Ambientais Locais - ICLEI (*International Council for Local Environmental Initiatives*), lançada em junho de 1991. Trata-se de uma iniciativa internacional para mobilizar ações de governos locais em prol da redução das emissões de gases de efeito estufa e dar força de expressão internacional coletiva aos governos municipais frente aos governos nacionais e à Convenção.

Um dos objetivos da campanha é coordenar iniciativas e prover assistência técnica e material educativo às municipalidades para o desenvolvimento da capacidade local para compreender o problema e implementar os Planos Locais de Ação que possam reduzir as emissões de gases de efeito estufa. Para isso, a campanha visa desenvolver e manter uma estrutura que encoraje os seus participantes a monitorar, quantificar e relatar seus resultados ao ICLEI e aos seus governos nacionais.

Até 30 de junho de 1997, a CCP já havia recrutado 174 governos locais, representando uma população de 100 milhões de pessoas em todo o mundo. As emissões urbanas de CO₂ dessas cidades contribuem com cerca de 5% do total global de emissões.

Embora países em desenvolvimento não tenham compromissos no Protocolo de Quioto de estabelecer metas de redução de emissões de gases de efeito estufa, as cidades desses países podem e estão convidadas a aderir a essa campanha e tomar iniciativas para reduzir suas emissões.

Seis cidades brasileiras, onde se concentram mais de 9,3 milhões de habitantes, aderiram à essa campanha: Rio de Janeiro, Volta Redonda, Niterói, Betim, Goiânia e Porto Alegre. Cada qual formalizou sua adesão à campanha, mediante a assinatura de uma resolução do governo municipal, comprometendo-se a seguir as diretrizes básicas definidas pelo ICLEI, visando a redução de emissões de gases de efeito estufa.

A cidade do Rio de Janeiro, por meio de sua Secretaria do Meio Ambiente, vem procurando se adequar à iniciativa, desenvolvendo as seguintes atividades e programas: elaboração de critérios para o uso e ocupação do solo e planos de gestão nas unidades de conservação; controle e fiscalização sistemática de atividades modificadoras do meio ambiente; cadastro das atividades potencialmente poluidoras; consumo eficiente de energia; desenvolvimento e investimento em transportes alternativos; programa

⁸² A Lei nº 10.547 foi regulamentada por meio do Decreto nº 45.869, de 22 de junho de 2001, que dispõe, entre outras coisas, que: "o emprego do fogo, como método despalhador e facilitador do corte da cana-de-açúcar, deve ser eliminado de forma gradativa, não podendo a redução, a cada período de cinco anos, ser inferior a 25% da área de cada unidade agroindustrial ou propriedade não vinculada a unidade agroindustrial, (...)". O decreto estabelece ainda que a partir do ano 2001 não se efetuará a queima da palha da cana-de-açúcar em percentual correspondente a 25% das áreas mecanizáveis e 13,35% das áreas não-mecanizáveis. O cumprimento desses dispositivos, entre vários outros, foi considerado difícil pelos produtores de cana. Um novo projeto de lei, cujo cumprimento é considerado mais factível pelos produtores rurais, ao mesmo tempo em que atenderia às exigências dos órgãos ambientais, está em tramitação na Assembléia Legislativa do Estado. Em 2002, houve a promulgação da Lei Estadual nº 11.241, de 19 de setembro, que dispõe sobre a eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar e dá providências correlatas.



ciclovário; tratamento adequado de resíduos e reciclagem; controle da qualidade do ar; preservação e recuperação da cobertura vegetal; estruturação do sistema de informações ambientais; conscientização e busca de comprometimento da população com as questões ambientais.

Outras iniciativas ambientais urbanas

Outras cidades no Brasil estão desenvolvendo atividades e programas ambientais similares, embora fora do âmbito da CCP.

A prefeitura do município de São Paulo, por meio da SMMA, também está negociando sua adesão à campanha da CCP, mas já apresenta, em seu Sistema de Planejamento Estratégico e Gestão, diversos planos, programas e projetos que visam a melhoria, a preservação e a conservação da qualidade ambiental. Como exemplos, podem ser citados o Programa de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso - I/M-SP; o Programa do Gás Natural; o Programa Um Milhão de Árvores; e o Projeto de Implantação de Ciclovias.

Curitiba tem demonstrado tradicionalmente uma preocupação dirigida ao ordenamento do espaço urbano, aspecto que se reflete nas questões ambientais gerais. O Sistema de Transporte Coletivo experimenta o biodiesel, resultado da composição de combustíveis convencionais com elementos não poluentes e o etanol. Além disso, a cidade conta com uma política de criação de espaços alternativos ao uso de automotores, como a rede de ciclovias; um monitoramento da qualidade do ar; uma política de destinação de resíduos sólidos; com projetos de separação de lixo; e programas de educação ambiental.

Cidades de pequeno e médio porte, em todas as regiões, têm demonstrado seu compromisso com a preservação do meio ambiente e muitas delas têm buscado elaborar planos de ação, como Agenda 21 locais.

pelo IBDF. Em 12 de dezembro de 1974, o Decreto-Lei nº 1.376 possibilitou uma nova modalidade de gestão para aqueles recursos, por meio do estabelecimento de Fundos, não somente para o reflorestamento, mas também para outras atividades, como pesca e turismo.

Com a criação do Fundo de Incentivos Fiscais para o Florestamento/Reflorestamento (FISSET-F/R), o IBDF passou a ter maior responsabilidade pela administração dos incentivos e sua aplicação. Deve-se ressaltar também que os incentivos não se baseavam em recursos gerados pelos próprios projetos, pois estes se encontravam na fase inicial, tornando-os atrativos às potenciais empresas reflorestadoras.

Após vinte anos de vigência, o FISSET-F/R foi extinto pela Lei nº 7.714, de 29 de dezembro de 1988. O IBDF também e suas atribuições passaram ao IBAMA. Apesar de distorções ocorridas na implementação do FISSET-F/R, pode-se enumerar alguns pontos positivos, decorrentes do funcionamento do programa:

- foram plantados 7,2 milhões de ha, apesar de 15% desse total ter sido perdido pela utilização de áreas inadequadas ou pela falta de mercado;
- foram criados 1,6 milhão de empregos diretos fixos;
- houve geração de riqueza de aproximadamente 4,7% do PIB;
- o país passou a ser o quarto maior exportador de papel e o terceiro maior exportador de celulose (1998);
- alcançou-se um nível de US\$ 13 bilhões de exportações/ano;
- foram conservados 2,3 milhões de ha de florestas nativas, constituindo o maior corredor ecológico da Mata Atlântica;
- os impostos arrecadados alcançaram US\$ 4,5 bilhões;
- desenvolveu-se uma tecnologia de fomento às empresas do setor fazendeiro florestal.

Apesar do relativo sucesso, que incluiu substituição de importações, contribuição nas exportações e avanços na área de biotecnologia, o programa foi criticado quanto aos custos sociais envolvidos.

Informações dos relatórios do IBDF indicaram disparidades entre o custo efetivo (de mercado) de implantação e manutenção de empreendimentos florestais incentivados e o custo pago por esse instituto, o que evidenciou a ineficiência nos procedimentos adotados na aprovação de projetos e no pagamento dos custos dos empreendimentos.

Deve-se ressaltar que, atualmente, um incentivo do tipo FISSET-F/R dificilmente seria uma alternativa adotada pelo governo brasileiro, considerando que esse se baseou em renúncia fiscal e que durante os vinte anos em que os incentivos foram concedidos gastaram-se US\$ 6 bilhões para estimular a atividade florestadora.

7.11.2 Protocolo Verde

O Governo Federal lançou, em 1995, o programa Protocolo Verde, com a finalidade de incorporar a variável ambiental, como critério indispensável ao desenvolvimento sustentável, no processo de análise para a concessão de crédito oficial e de benefícios fiscais.

7.11 Medidas de Caráter Financeiro e Tributário

7.11.1 Uma Avaliação dos Incentivos Fiscais para o Florestamento/Reflorestamento - FISSET - F/R

A partir de meados de 1960, a política florestal brasileira concentrou seus recursos na atividade reflorestadora e na indústria de silvicultura, em detrimento das demais áreas de atuação de responsabilidade do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal - IBDF, criado em 1967.

A Lei nº 5.106, de 2 de setembro de 1966, introduziu incentivos fiscais para o florestamento e o reflorestamento, beneficiando pessoas físicas e jurídicas que optassem por destinar parte de seus impostos devidos ao Fisco para a atividade reflorestadora. Pessoas físicas podiam abater de sua renda bruta todas as aplicações realizadas na atividade, até o limite de 50%; as pessoas jurídicas podiam deduzir o valor das despesas no seu imposto a pagar até o limite de 50%.

Pelo Decreto-Lei nº 1.134, de 16 de novembro de 1970, pessoas jurídicas poderiam, ao invés de deduzir as despesas de seu imposto, descontar até 50% dele para aplicação, a partir do exercício financeiro seguinte, em empreendimentos florestais, cujos projetos fossem aprovados previamente

Os dois objetivos originais do Protocolo são priorizar a alocação de recursos públicos, por meio de operações de crédito ou benefícios fiscais, em projetos que apresentem maior capacidade de auto-sustentação socioambiental; e evitar o uso desses recursos em projetos que contribuam para aumentar o passivo ambiental do Brasil.

Foi instituído o Grupo de Trabalho, por meio do decreto de 29 de maio de 1995, que elaborou as linhas de atuação do Protocolo Verde, culminando com a assinatura da Carta de Princípios para o Desenvolvimento Sustentável⁸³ pelos cinco bancos federais (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES, Banco do Brasil, Caixa Econômica Federal, Banco do Nordeste do Brasil e Banco da Amazônia).

No cumprimento da Carta, os bancos federais signatários, em conjunto com MMA, MF, MPOG e MAPA, além do Banco Central, integraram um Grupo de Trabalho coordenado pela Câmara de Recursos Naturais da Casa Civil da Presidência da República, tendo sido a FINEP incorporada posteriormente.

As maiores dificuldades encontradas para o atendimento das prioridades identificadas, sobretudo na efetiva incorporação das propostas do Protocolo Verde no cotidiano das operações de crédito dos bancos federais, decorrem das necessidades tanto de rever alguns conceitos estruturais relativos à forma de produção e ao tipo de consumo na nossa sociedade quanto de mudar procedimentos e posicionamentos do Estado e de suas instituições financeiras. Entretanto, essas novas formas de atuar são cada dia mais justificáveis, uma vez que a questão ambiental vai deixando de ser tratada como uma externalidade no cenário econômico/financeiro e vai tomando novos contornos, tanto nos projetos governamentais como nos empreendimentos privados e nas relações comerciais (*vide* item 7.11.3).

O Protocolo Verde alcançou resultados principalmente no que concerne à conscientização e ao aparelhamento das instituições financeiras federais envolvidas; à adequação institucional dos mecanismos de licenciamento; ao esforço de identificação de recursos externos privados direcionados ao meio ambiente; ao desenho de projetos e programas, em conjunto com os bancos, voltados para o desenvolvimento sustentável e para o abatimento de passivos ambientais; e, em particular, à racionalização do uso de agrotóxicos.

7.11.3 Responsabilidade ambiental dos bancos

Conforme mencionado anteriormente, o artigo 225 da Constituição Federal de 1998 atribui ao poder público e à coletividade o dever de preservar o meio ambiente ecologicamente equilibrado para as gerações presentes e futuras.

Nesse sentido, o Brasil conta com vários dispositivos legais que determinam diretrizes para os bancos públicos e privados em suas ações sobre meio ambiente.

A Lei da Política Nacional de Meio Ambiente, em seus artigos 3º, 12 e 14, traz dispositivos que, aplicados às instituições financeiras, em amplo sentido, eleva o financiamento e o crédito ao nível de instrumentos de controle ambiental. Os financiamentos, principalmente de incentivo governamental (*vide* item 7.11.2), deverão incorporar a componente ambiental quando de seu deferimento, a partir da realização

⁸³ A citada "Carta", ao listar os Princípios Gerais do Desenvolvimento Sustentável, dispõe, entre outros, que o setor bancário deve privilegiar de forma crescente o financiamento de projetos que não sejam agressivos ao meio ambiente ou aqueles que apresentem características de sustentabilidade; que os riscos ambientais devem ser considerados nas análises e nas condições de financiamento; e que a gestão ambiental requer a adoção de práticas que antecipem e previnam degradações do meio ambiente.

de estudos de impacto ambiental prévios à análise dos projetos e ao deferimento do crédito, tal como já vinha ocorrendo no âmbito do Banco Mundial.

Compreendem-se como entidades de financiamento não só os bancos tradicionais, mas também as cooperativas, autarquias, sociedades de economia mista, bancos múltiplos e de investimento, e até fundos de pensão, enfim, todas aquelas instituições que possam ser consideradas entidades ou órgãos de financiamento e incentivo governamental. Assim, os bancos têm o dever de indenizar o reparo dos danos ambientais (ADAMI, 1993).

A Lei de Crimes Ambientais, trouxe vários dispositivos que têm impacto direto na responsabilidade ambiental dos bancos, destacando os artigos 2º, 3º e 4º. Tal lei sustenta que as pessoas jurídicas serão responsabilizadas administrativa, civil e penalmente nos casos em que a infração seja cometida por decisão de seu representante legal ou contratual, ou de seu órgão colegiado, no interesse ou no benefício da sua entidade. A responsabilidade das pessoas jurídicas não exclui a das pessoas físicas, autoras, co-autoras ou partícipes do mesmo fato.

7.11.4 O ICMS Ecológico e aplicação dos princípios protetor-recebedor e não-poluidor-recebedor na gestão ambiental

O Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços - ICMS constitui uma parcela significativa da receita dos estados brasileiros e também uma fonte importante de recursos para os municípios. O artigo 158 da Constituição Federal estipula que 25% dos recursos provenientes do ICMS em cada estado devem ser repassados aos seus municípios; desses, 75% devem ser distribuídos de acordo com o valor agregado gerado por cada município e os 25% restantes, segundo critérios estabelecidos pelos próprios estados.

Nos últimos anos, a distribuição desses últimos 25% incorporou, em alguns estados, uma nova categoria que estimula os municípios a manterem áreas de conservação e a desenvolverem práticas ambientais corretas, como o tratamento de lixo e de esgoto.

Essa categoria vem sendo usualmente conhecida como ICMS Ecológico e destina-se a compensar aquelas municipalidades que abrem mão de gerar produtos e serviços para que a sociedade possa usufruir dos recursos e serviços ambientais em seu território.

Segundo a WWF, que realizou um amplo estudo sobre o assunto, a adoção do ICMS Ecológico é a primeira experiência de inclusão do critério ambiental na redistribuição dos impostos. Alguns estados já aplicam o ICMS Ecológico com bastante sucesso, enquanto outros ainda estão desenvolvendo os instrumentos legais para sua aplicação.

Destaca-se como pioneiro na aplicação do ICMS Ecológico o estado do Paraná, seguido por São Paulo, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Rondônia, e Rio Grande do Sul. Contudo, cada estado estabelece seus critérios de distribuição de acordo com características específicas da região, o que contribui para legitimar a aplicação do ICMS Ecológico em áreas com características ambientais distintas.

Geralmente, a gestão ambiental nos países em que existe abundância de recursos financeiros aplica o princípio "usuário-poluidor-pagador", que ainda não é comum em países de escassez financeira. Em situações de pobreza, é mais eficaz subverter esse conceito e aplicar o princípio "protetor-recebedor", pois, nesses países, a disposição a receber é mais alta do que a disposição a pagar (RIBEIRO, 1999).



A adoção desse sistema “protetor-recebedor” depende da existência de um governo comprometido em reduzir as desigualdades entre cidades pobres e ricas, bem como a pressão demográfica sobre as grandes cidades; interessado em promover cidades de pequeno e médio porte; e, atento para a integração da ecologia nas políticas públicas.

Nesse contexto, o ICMS Ecológico representa um mecanismo de transferência de recursos para os municípios que investem na conservação do ambiente, por meio da manutenção de reservas ambientais ou mananciais sob seu território, seguindo o princípio “protetor-recebedor”, e para os municípios que empreendem atividades ambientalmente saudáveis, como o saneamento, seguindo o princípio “não-poluidor-recebedor”.

O princípio “protetor-recebedor” recompensa aquele que preserva um recurso de interesse coletivo e público. Esse princípio é análogo àquele adotado para recompensar os proprietários de imóveis com valor histórico, tombados pelo patrimônio cultural. Caso não sejam adotadas tais compensações, a intenção de proteger poderia gerar o fenômeno inverso, ou seja, a aceleração de destruição do bem natural que se deseja preservar.

O ICMS Ecológico induz os governos locais a investirem em ações que produzirão resultados ambientais significativos, o que é muito mais eficaz do que a simples penalização. Trata-se, portanto, de um incentivo positivo e de regulação não-coercitiva.

7.11.5 Redução de emissões decorrente do incentivo fiscal para veículos com motores 1.000 cilindradas no Brasil

Em 1993, foi introduzido no Brasil um incentivo fiscal para estimular a produção de automóveis com motores pequenos (≤ 1000 cilindradas⁸⁴). O corte no Imposto sobre Produtos Industrializados - IPI tinha como objetivo encorajar a produção de automóveis mais eficientes acessíveis aos setores da população com renda mais baixa. Até 2000, 64% das vendas domésticas de automóveis novos consistiram desses automóveis, conforme mostra a Tabela 7.11.1.

Tabela 7.11.1 - Vendas, economia de combustível e IPI sobre automóveis no Brasil

Ano	1000 cc			Todos os outros			Participação de 1000 cc no total
	Vendas	Economia de combustível	IPI	Vendas	Economia de combustível	IPI	
	(nº veículos)	(km/l)	(%)	(nº veículos)	(km/l)	(%)	(%)
1992	92.573	8	14,0	504.391	8	31,0	15,5
1993	241.964	9	0,1	661.864	8	25,0	26,8
1994	447.867	10	0,1	679.806	8	25,0	39,7
1995	595.845	10	8,0	811.228	8	25,0	42,3
1996	701.440	10	8,0	704.105	8	25,0	49,9
1997	871.873	10	13,0	697.854	8	30,0	55,5
1998	702.927	12	8,0	508.958	8	25,0	58,0
1999	605.635	12	7,0	406.212	9	20,0	59,9
2000	754.419	12	10,0	422.355	9	25,0	64,1

Fonte: Base de dados fornecida por ANFAVEA (2001), site do GEIPOT e site do Carsale.

Como os automóveis com motores de 1.000 cilindradas apresentam um consumo específico mais baixo do que os valores médios para os veículos equipados com motores mais potentes, a redução do IPI também provocou a redução das emissões de carbono. Nessa análise, supõe-se que, na ausência desse incentivo fiscal, a renovação da frota seria baseada em carros com consumo equivalente à média dos automóveis mais potentes, o que equivale dizer que carros com motores de 1.000 cilindradas foram comprados por uma parcela da população que adquiria automóveis mais potentes. Em outras palavras, os incentivos fiscais não estimularam a compra de carros; apenas mudou o tipo de automóvel adquirido.

A estimativa das emissões reduzidas de CO₂ no período de 1993 a 2000, em razão das medidas aqui analisadas, baseou-se no número total de automóveis com motores de 1.000 cilindradas vendidos a partir de 1993, a distância média percorrida pelos veículos e suas diferentes economias de combustível, definidas conforme mostrado na Tabela 7.11.1, com os últimos parâmetros variando de acordo com o ano em que o veículo foi fabricado. Assim, a redução total de emissões reduzidas estimada para o período entre 1993 e 2000 é de 22,3 milhões t CO₂⁸⁵.

7.11.6 Crédito Rural: Restrições ao Infrator Ambiental

O setor rural é uma atividade de risco, facilmente influenciada por fatores exógenos, intempéries imprevisíveis ou oscilações de preços nos mercados interno e externo, o que faz necessário o vínculo entre o setor produtivo e o financeiro (WILDMANN, 2001).

⁸⁴ Veículos com motores de 1 litro ou 1.000 centímetros cúbicos (cc).

⁸⁵ Adotando uma média de 22% de álcool anidro misturado à gasolina.

A legislação brasileira prevê, como principal forma de compensar os problemas estruturais da atividade agrícola, uma política creditícia diferenciada ao setor, com linhas de crédito lastreadas em recursos oriundos de alocações institucionais⁸⁶, ou mesmo de recursos do tesouro.

O artigo 2º da Lei nº 4.829, de 1967, define Crédito Rural como "(...) o suprimento de recursos financeiros por entidades públicas e estabelecimento de créditos particulares a produtores rurais ou a suas cooperativas, para a aplicação exclusiva em atividades que se enquadrem nos objetivos da legislação em vigor."

Um fator de suma importância, sobretudo numa atividade de alto impacto ambiental⁸⁷ como a agropecuária, é a adequação da atividade rural do proponente/beneficiário às exigências ambientais emanadas da lei e das autoridades competentes. Não se pode admitir que o infrator ambiental seja beneficiado com empréstimos do Sistema Nacional de Crédito Rural.

Nesse sentido, a Lei nº 6.938 de 1981, que dispõe sobre a política nacional do meio ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação diz, em seu artigo 14, que sem prejuízo das penalidades definidas pela legislação federal, estadual e municipal, o não-cumprimento das medidas necessárias à preservação ou correção dos inconvenientes e danos causados pela degradação da qualidade ambiental sujeitará os transgressores: "(...) II - à perda ou restrição de incentivos e benefícios fiscais concedidos pelo Poder Público; III - à perda ou suspensão de participação em linhas de financiamento em estabelecimentos oficiais de crédito; IV - à suspensão de sua atividade."

Em relação às medidas de caráter tributário que favorecem o manejo e a reposição florestal no setor rural, incluindo mecanismos de política florestal no cálculo do imposto sobre a terra, também deve ser considerada a Lei nº 9.393, de 19 de dezembro de 1996, que regulamenta o ITR, já analisada anteriormente (*vide* item 7.6.2.3).

⁸⁶ Tais recursos são classificados como: recursos obrigatórios, consistentes em percentual sobre o depósito compulsório dos bancos, liberado pelo Banco Central para aplicação em Crédito Rural; recursos vinculados, que são os oriundos de operações rurais, inclusive multas, juros e amortizações de operações de Crédito Rural; recursos de caderneta de poupança rural, instituto criado pelo legislador para a captação de recursos para o fomento das carteiras rurais; recursos de fundos, programas e linhas específicas, e recursos livres das instituições financeiras. Todas as alocações, entretanto, são previstas em lei ou determinadas pelo Conselho Monetário Nacional.

⁸⁷ Organizações não-governamentais têm concluído que a atividade agropastoril, que pratica essencialmente o "corte raso" e insiste na prática das queimadas, apresenta maior potencial danoso que as próprias madeireiras, uma vez que esta atividade concentra-se na extração de espécimes florais determinadas e com espessura mínima, tendendo a "poupar" espécimes menores.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRACAVE ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FLORESTAS RENOVÁVEIS, 2001. *Anuário Estatístico*. Belo Horizonte.
- ADAMI, H., 1993. *Bancos e Desenvolvimento Sustentável*. Boletim Legislativo ADCOAS, n. 32, p. 5. Rio de Janeiro, novembro.
- ALVES, D. C. O e EVENSON, R. E., 1996. *Global warming impacts on Brazilian agriculture: estimates of the Ricardian Model*. In: *Conference on environmental metrics in Brazil*. São Paulo: IME-USP, p. B30-B31.
- ANFAVEA - ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES, 1996. *Anuário Estatístico da Indústria Automotóvel Brasileira*. São Paulo.
- _____, 1997. *Anuário Estatístico da Indústria Automotóvel*. São Paulo.
- _____, 2000. *Anuário Estatístico da Indústria Automotóvel*. São Paulo.
- _____, 2001. *Anuário Estatístico da Indústria Automotóvel*. São Paulo.
- BNDES - BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL, 1997. *Gás Natural: Reservas, Produção e Consumo*. In: *Cadernos de Infra-Estrutura: Fatos - Estratégias*.
- CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA EM SANEAMENTO AMBIENTAL, 1988. *PROCOP - Programa de Controle de Poluição*. São Paulo.
- _____, 1993. *Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo 1992*. São Paulo.
- _____, 1995. *Controle de Poluição Ambiental*. Legislação Estadual. Estado de São Paulo. Atualização até setembro de 1995. São Paulo.
- _____, 1999. *O Novo PROCOP: Financiando a Produção + Limpa*. Folheto explicativo. São Paulo.
- _____, 2001. *Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo 2000*. São Paulo.
- _____, [?]. *Relatório de atividades da divisão de questões globais da CETESB, referentes aos programas PROZONESP e PROCLIMA, nos anos de 1996 a 1998*. São Paulo.
- _____, [?]. *Casos de Sucesso. Prevenção à Poluição*. São Paulo.
- EGLER, I., 1998. *Implementation of the Biodiversity Convention in Brazil*. Tese de doutorado. Norwich: School of Environmental Sciences, University of East Anglia, 517 p.
- ELETOBRÁS - CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS S.A e PROCEL - Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica, 1998. *Resultados do PROCCEL 1997 Economia de Energia e Redução na Ponta*.
- FERNANDES, E. et al, 2002. *Transporte Rodoviário - Veículos Leves*. In: *Emissão de Gases de Efeito Estufa no Setor Energético por Fontes Móveis - Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões de Gases de Efeito Estufa*. Brasília: MCT.
- HULME, M. e SHEAR N., 1999. *Cenários e alterações climáticas para o Brasil*. Norwich: Climate Research Unit.
- IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS, 1997. *Relatório Nacional do Brasil, 2ª Versão*. In: *Congresso Latino-Americano de Parques Nacionais e Outras Áreas Protegidas*, 1. Brasília.
- _____, 2002. *GEO Brazil 2002 Perspectivas do Meio Ambiente no Brasil*. Brasília: IBAMA.
- IBAMA-DIREC, 1998. In: MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, DOS RECURSOS HÍDRICOS E DA AMAZÔNIA LEGAL, 1998. *Primeiro Relatório Nacional para a Conservação sobre Diversidade Biológica*. Brasília.
- IBGE - FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 1996. *Censo Agropecuário 1995-1996*.
- _____, 2000. *Anuário Estatístico do Brasil*.
- INCRÁ - INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA, 1996. *Atlas Fundiário Brasileiro*. Rio de Janeiro.
- INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2000. *Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite 1998-1999 / Monitoring of the Brazilian Amazonian Forest by Satellite 1998-1999*. São José dos Campos: INPE/MCT.
- _____, 2001. *Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite 1999-2000 / Monitoring of the Brazilian Amazonian Forest by Satellite 1999-2000*. São José dos Campos: INPE/MCT.
- IPCC/OECD/IEA - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT e INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 1997. *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Bracknell.
- IPCC/UNEP/WMO - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAMME e WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION, 1990. *Strategies for Adaptation to Sea Level Rise*. Report of the Coastal Zone Management Subgroup. Intergovernmental Panel on Climate Change, Response Strategies Working Group. Rijkswaterstaat, 122 p.
- _____, 1992. *Climate Change 1992*. The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment. Report Prepared for IPCC by Working Group I. Cambridge: Cambridge University Press.
- _____, 1995. *Climate Change 1995*. Summary for Policymakers and Technical Summary of the Working Group I Report. Cambridge: Cambridge University Press.
- _____, 1996. *Climate Change 1995*. The Science of Climate Change - Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, p. 596.
- _____, 1996. *Climate Change 1995*. Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific Technical Analyses - Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press.
- _____, 2001. *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press.
- KALTNER, F. J., 1998. *Produção de Energia Elétrica a partir de Óleos Vegetais*, o projeto Vila Boa Esperança.
- MACEDO, I. C., 1996. *Combustível de Biomassa: Produção e Tecnologia - Pesquisas da Copersucar*. In: Anais do Seminário: *O Álcool e a Nova Ordem Econômica Mundial*. Brasília: Frente Parlamentar Sucroalcooleira, p. 114-121.
- _____, 1997. *Greenhouse Gas Emissions and Avoided Emissions in the Production and Utilization of Sugar Cane, Sugar, and Ethanol in Brazil: 1990-1994*. Piracicaba: Centro de Tecnologia da Copersucar.
- _____, 2001. *Geração de energia elétrica a partir de biomassa no Brasil: situação atual, oportunidades e desenvolvimento*. Brasília: CGEE/CTEnerg.
- MACEDO, I. C.; KOLLER, H. W., 1997. *Balço de Energia na Produção de Cana de açúcar e Álcool nas Usinas Cooperadas*. 1996. Piracicaba: Centro de Tecnologia da Copersucar.

- MARINO, M., 1997. *Levantamento da Localização e Representatividade das Áreas Naturais Protegidas no Brasil*. Brasília: PNMA.
- MENDELSON, R., 1996. *Estimating the market impacts of global warming in Brazil*. In: *Conference on environmental metrics in Brazil. Abstracts*. São Paulo: IME,-USP, p. 63.
- MCT - MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 1997. *Energia Elétrica de Biomassa: MCT/PNUD e Copersucar vão investir R\$ 7,3 milhões*. Brasília.
- MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, DOS RECURSOS HÍDRICOS E DA AMAZÔNIA LEGAL, 1996. *Perfil dos Estados Litorâneos do Brasil: Subsídios à Implantação do Programa Nacional de Gerenciamento Costeiro*. Brasília.
- _____, 1998a. *Primeiro Relatório Nacional para a Conservação sobre Diversidade Biológica*. Brasília.
- _____, 1998b. *Agenda 21 - o caso do Brasil: perguntas e respostas*. Brasília.
- MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 1988. *Tratamento da Cana de Açúcar e seus Sub Produtos na Metodologia do Balanço Energético Nacional - NT COBEN 03/88*. Brasília.
- _____, 1995. *Balanço Energético Nacional*. Brasília.
- _____, 1996. *Balanço Energético Nacional*. Brasília.
- _____, 1997. *Balanço Energético Nacional*. Brasília.
- _____, 1998. *Relatório de Gestão do Ministério de Minas e Energia Período 1995/1998*. Área de Energia. Brasília.
- _____, 1998. *Balanço Energético Nacional*. Brasília.
- _____, 1999. *Balanço Energético Nacional*. Brasília.
- _____, 1999. *Sumário das Estatísticas de Energia Elétrica para o Brasil*. Brasília: SIESE.
- _____, 1999. *Plano Decenal de Expansão - 1999-2008*. Brasília: Eletrobrás.
- _____, 2000. *Balanço Energético Nacional*. Brasília.
- _____, 2001. *Balanço Energético Nacional*. Brasília.
- MOREIRA, J. R.; MOREIRA J. G. S. *Energy Conservation in Brazil* - Paper apresentado pelo MCT. Brasília, 1998.
- NOGUEIRA, L. A. H. et al, 2000. *Dendroenergia: fundamentos e aplicações*. Brasília: ANEEL, p. 43.
- PETROBRAS, 1998. *Balanço Energético do Setor Petróleo Base de Dados: 1997*. SERPLAN.
- _____, 2001. *Projeto Economizar* Projeto Exemplo para o Brasil. Rio de Janeiro.
- PICCININI, M., 1994. *Conservação de energia na indústria; as políticas adotadas na época da crise energética*. Revista do BNDES. Rio de Janeiro.
- QUIJANO, J. C. M., 1998. *Coordenação de Preços e Ressarcimento*. Rio de Janeiro: ANP.
- RIBEIRO, M. A., 1999. *Sobre o Princípio Protetor-Recebedor*. Revista Eco 21. Rio de Janeiro, p. 43-48, outubro-novembro.
- SIQUEIRA, O. J. F.; FARIAS, J. R. B; SANS, L. M. A., 1994. *Potential effects of global climate change for brazilian agriculture: applied simulation studies for wheat, maize and soybeans*. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.2, p. 115-129. Santa Maria.
- WANG, M. et al, 1997. *Fuel-Cycle Energy Use and Greenhouse Gas Emissions of Fuel Ethanol Produced from U.S. Midwest Corn*. Center for Transportation Research Argonne National Laboratory.
- WILDMANN, I., 2001. *Crédito Rural: teoria, prática, legislação e jurisprudência*. Belo Horizonte: Del Rey.



BIBLIOGRAFIA ADICIONAL

- ADAMI, H., 1992. *Bancos e Ecologia*. Opinião. Jornal O Globo, n. 56. Rio de Janeiro, maio.
- _____, 1992. *O Papel Fundamental do Advogado na Interpretação da Legislação Ambiental*. Revista Eco-Rio. René Capriles, n. 7, p. 49. Rio de Janeiro.
- _____, 1993. *O BB e o Meio Ambiente*. Projeto apresentado ao Banco do Brasil S.A. Rio de Janeiro.
- _____, 1995. *O Banco Mundial e o Protocolo Verde*. Revista Eco-Rio. René Capriles, n. 22, p. 46. Rio de Janeiro.
- ALUCCI, M., 1989. *Economia de energia elétrica em edifícios comerciais*. In: *Anais do Simpósio Nacional de Conservação de Energia nas Edificações*. São Paulo: Escola Politécnica, USP, junho.
- ALVES, J. W. S. e VIEIRA, S. M. M. com CETESB, 1998. *Inventário Nacional de emissões de metano pelo manejo de resíduos*. São Paulo: CETESB.
- ANGULO, R. J., 1989. *Variações na Configuração da Linha de Costa do Paraná nas Últimas Quatro Décadas*. In: *II Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário*. Rio de Janeiro, 10-16 de julho.
- ARAÚJO, J. L. et al., 1992. *Rational Energy Use in Brazil: Policies, Programs, Results*. Relatório final. Rio de Janeiro: UFRJ.
- ARAÚJO, J. L.; CASSIOLATO, J. E.; SILVA, D., 1997. *Difusão de Tecnologias Eficientes no Brasil*. Rio de Janeiro: Instituto de Economia, UFRJ.
- ARAÚJO, M., 1996. *A Produção de Energia, a Criação de Empregos e as Relações Capital-Trabalho - Posição da Federação dos Trabalhadores nas Indústrias de Alimentação e Afins do Estado de São Paulo - FETIAESP*. In: *Anais do Seminário: O Álcool e a Nova Ordem Econômica Mundial*. Brasília: Frente Parlamentar Sucroalcooleira, p. 132-136.
- ARGENTO, M. S. F., 1989. *The Paraíba do Sul retrogradation and the Atafona environmental impact*. In: NEVES, C.F. e MAGOON, O.T.(Eds.). *Coastline of Brazil*. Nova Iorque: American Society of Civil Engineers, p. 267-277.
- AUBREY, D. G.; EMERY, K. O.; UCHUPI, E., 1988. *Changing coastal levels of South America and the Caribbean region from tide gauge records*. Tectonophysics, 154, p. 269-284.
- AUDINET, P., 1995. *Politique Publique et Economie de l'Innovation - Une Comparaison Brésil-Inde de l'Utilisation Industrielle de la Canne à Sucre*. Tese de doutorado. Paris: EHESS.
- AZEVEDO, J. L., 1997. *Genética e Melhoramento de Fungos na Biotecnologia*. Revista Bio Tecnologia - Ciência e Desenvolvimento, ano 1, n. 1, p. 12-15, maio.
- BAJAY, S. V., 1999. *Proposta, à ANEEL, de uma Metodologia de Obtenção de Tarifas para o Fornecimento de Energia Elétrica, à Guisa de Reserva, para Autoprodutores*. Campinas: Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético, UNICAMP.
- BALDWIN, S.; JOHANSSON, T.; BODLUND, B.; WILLIAMS, R. (Eds.), 1989. *Efficient End-Use and New Technologies and Their Planning Implications*. Lund: Lund University Press.
- BANDEIRA JÚNIOR, A. N.; PETRI, S.; SUGUIO, K., 1975. *Projeto Rio Doce*. Petróleo Brasileiro S.A. Relatório interno, 203 p.
- BASSEGIO, N., 1990. *Estratégias de alta performance para sistemas frigoríficos*. São Paulo.
- BATTAGLINI, F. e OLIVEIRA, R., 1990. *Proposta de otimização do aquecimento de água para uso doméstico*. In: *Anais do V Congresso Brasileiro de Energia*, v. 2. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, p. 672-681, novembro.
- BEHRENS, A., 1985. *Uma Avaliação do Programa Conserve/Indústria*. Rio de Janeiro: IPEA.
- BERG, R., 1996a. *Combustível de Biomassa: Produção e Tecnologia - Pesquisas da Fundação Sueca para o Desenvolvimento do Etanol*. In: *Anais do Seminário: O Álcool e a Nova Ordem Econômica Mundial*. Brasília: Frente Parlamentar Sucroalcooleira, p. 110-113.
- _____, 1996b. *Políticas em Relação à Produção e ao Uso de Energia em Desenvolvimento Sustentado - Fundação Sueca para o Desenvolvimento do Etanol*. In: *Anais do Seminário: O Álcool e a Nova Ordem Econômica Mundial*. Brasília: Frente Parlamentar Sucroalcooleira, p. 53-54.
- BERTACHINI, U. M., 1989. *Economia de 30 a 50% com sistema de refrigeração alternativo*. Gazeta Mercantil, p. 16, 13 de novembro.
- BITTENCOURT, G., 1997. *FHC anuncia retomada do Programa do Álcool*. Gazeta Mercantil, 24 de junho.
- BLACK, T. L., 1994. *The new NMC Mesoscale Eta Model: Description and Forecast examples*. Weather and Forecasting, 9, p. 265-278.
- BÖHM, G. M., 1996. *Etanol e Gasolina: Impactos Ambientais e na Saúde - Produção e Uso - Pesquisas da CETESB*. In: *Anais do Seminário: O Álcool e a Nova Ordem Econômica Mundial*. Brasília: Frente Parlamentar Sucroalcooleira, p. 70-71.
- BRAGA, R. A. P., 1989. *Avaliação de impactos ambientais na zona estuarina de Suape*. Relatório n. 1. Recife: Laboratório de Ecologia, Departamento de Biologia Geral, UFPE, 108 p.
- BRAGARD, A. S., 1991. *A influência da elevação do nível do mar sobre os processos litorâneos em Recife*. Monografia. Rio de Janeiro: Departamento de Hidráulica e Saneamento, UFRJ, 95 p.
- BRANCO, G. M., 1996. *Etanol e Gasolina: Impactos Ambientais e na Saúde - Produção e Uso*. In: *Anais do Seminário: O Álcool e a Nova Ordem Econômica Mundial*. Brasília: Frente Parlamentar Sucroalcooleira, p. 59-60.
- BRASIL, 1998. *Constituição Federal da República do Brasil*. BRASIL ENERGIA, 1998. n. 210, maio.
- BRAUDEL, F., 1983. *O Mediterrâneo e o Mundo Mediterrâneo - Volume I*. Rio de Janeiro: Martins Fonte Editora Ltda.
- BRITTO, R., 1996. *Pronunciamento sobre o Álcool*. In: *Anais do Seminário: O Álcool e a Nova Ordem Econômica Mundial*. Brasília: Frente Parlamentar Sucroalcooleira, p. 31-32.
- BRUCE, J.; HOESUNG LEE; HAITES, E. (Eds.), 1996. *Climate Change 1995. Economic and Social Dimensions of Climate Change*. Contribution of Working Group III to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press.
- BRUCK, E. C.; FREIRE, A. M. V.; LIMA, M. F., 1995. *Unidades de Conservação no Brasil: cadastramento e vegetação 1991-1994*. Relatório síntese. Brasília: IBAMA.
- CAIRES, M. I., 1996. *Desenvolvimento e Caracterização de Matrizes a Base de SiC, NbC e ZrSiO₄ para Células a Combustível de Ácido Fosfórico*. Dissertação de mestrado. São Carlos: Escola de Engenharia, Instituto de Física e Instituto de Química de São Carlos, USP.
- CÂMARA PAULISTA DO SETOR SUCROALCOOLEIRO, 1997. *Proposta de Acordo sobre Queima da Cana-de-açúcar*. Março.
- CANAMBRA Engineering Consultants, 1963. *Relatório Preliminar*.
- _____, 1967. *Relatório síntese da região Centro-Sul*.
- _____, 1969. *Relatório Síntese da Região Sul*.
- CARPENTIERI, E.; HOLLANDA, J. B.; BEITH, J. W., 1994. *Floresta energética: uma nova opção*. Recife: CHESF.
- CARTER, D. J. T. e DRAPER, L., 1988. *Has the Northeast Atlantic become rougher?* Nature, 332, 494.
- CARVALHO, L. C. C., 1996. *Combustíveis Renováveis e*

- Mercado*. In: Anais do Seminário: *O Álcool e a Nova Ordem Econômica Mundial*. Brasília: Frente Parlamentar Sucroalcooleira, p. 123-124.
- _____, 1997. *Proálcool: Viabilidade e Perspectivas*. São Paulo: ÚNICA.
- CASTELLI, B., 1996. *Os Estados Unidos e o Etanol*. In: Anais do Seminário: *O Álcool e a Nova Ordem Econômica Mundial*. Brasília: Frente Parlamentar Sucroalcooleira, p. 38-43.
- CASTRO, C. B. e Pires, D. O., 1999. *A bleach event on a Brazilian coral reef*. Revista Brasileira de Oceanografia 47(1): p. 87-90. São Paulo: USP.
- CECCHI, J. C., SCHECHTMAN, R., 1996. *Impactos Macroeconômicos Decorrentes da Expansão do Sistema Elétrico em Termelétricas: Efeitos da Importação de Tecnologia e de Combustíveis*. Rio de Janeiro: ENERGE, n. 9, v. II.
- CENBIO - CENTRO NACIONAL DE REFERÊNCIA EM BIOMASSA, 2000. *Medidas mitigadoras para a redução na emissão de gases de efeito estufa na geração termelétrica - Tecnologias para a redução de emissões*. Relatório 1 versão final. Brasília: CENBIO/ANEEL, fevereiro.
- CERPCH - CENTRO DE REFERÊNCIA DE PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS, 1999. *Status of Small Hydro Power Plants in Brazil*. Relatório elaborado para Winrock International/USAID.
- CET - COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO, 1996. *Boletim da Prefeitura de São Paulo*. São Paulo.
- CGIAR - CONSULTIVE GROUP ON INTERNATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH, 1998. *CGIAR Mid-Term Meeting 1998: preliminar end-of-meeting report*.
- CHESF - COMPANHIA HIDRELÉTRICA DO SÃO FRANCISCO, 1991. *Biomassa florestal - uma alternativa para geração de eletricidade na região nordeste do Brasil*. Recife: CHESF.
- CHOU, S. C., 1996. *Regional Eta Model*. In: *Climanálise*. Edição Comemorativa de 10 anos. Cachoeira Paulista: INPE.
- CHOU, S. C.; NUNES, A. M. B.; CAVALCANTI, I. F. A., 2000. *Extended range forecasts over South America using the regional Eta*. New Brunswick: Journal of Geophysical Research, 105, p. 10147-10160.
- COMGÁS - COMPANHIA DE GÁS DE SÃO PAULO, 1997. *Relatório: Inventário sobre Gases de Efeito Estufa Gás Metano Sistemas de Distribuição de Gás Natural no Brasil*. Paper para o MCT. São Paulo.
- CONSULPLAN ENGENHARIA, 1989. *Plano de Desenvolvimento Portuário de Curto e Médio Prazo: Complexo Industrial de Suape*. Relatório Final, 3 v. Rio de Janeiro.
- COOPERS & LYBRAND, 1997. *Projeto de Reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro: Relatório da Etapa IV Sumário Executivo*.
- COPPE - INSTITUTO ALBERTO LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA - UFRJ e FASE - FEDERAÇÃO DE ÓRGÃOS PARA ASSISTÊNCIA SOCIAL E EDUCACIONAL, 1997. *Declaração da Casa da Ciência*. In: *Seminário Proálcool: Crise e Alternativas para um Desenvolvimento Sustentável*.
- CORTEZ, L. et al., 1992. *Principais produtos da agroindústria canavieira e sua valorização*. Revista Brasileira de Energia, v. 2, n. 2, p. 111-146.
- COSTA, E. A., 1999. *Usinas terceirizam colheita da cana*. São Paulo: Gazeta Mercantil, Caderno Agribusiness; 14, 15 e 16 de maio.
- COTTON, W. R. e PIELKE, R. A., 1995. *Human impacts on weather and climate*. Cambridge: Cambridge University Press, 288 p.
- CPTM - COMPANHIA PAULISTA DE TRENS METROPOLITANOS, 1997. *Relatório Anual*. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo.
- CRUZ, O.; COUTINHO, P. DA N.; DUARTE, G. M.; GOMES, A. M. B.; MUEHE, D. *Brasil*. In: BIRD, E. C. F. e SHWARTZ, M. L. (Eds.), 1985. *The World's Coastline*. Nova Iorque: Van Nostrand Reinhold Co., p. 85-91.
- DADDARIO, H. et al., 1996. *O Álcool e a Nova Ordem Econômica Mundial*. Brasília: Frente Parlamentar Sucroalcooleira, p. 8-26.
- DEAN, R.G., 1991. *Equilibrium beach profiles: characteristics and applications*. Journal of Coastal Research, 7(1), p. 53-84.
- DELIBRIAS, C.C. e LABOREL, J., 1971. *Recent variations of the sea level along the Brazilian coast*. Quaternaria XIV, p. 45-49.
- DE MORAES, C.; GAMBIRASIO, G.; LIMA, L., 1985. *Conservação de energia elétrica - Motores elétricos e sistemas de acionamento*. São Paulo: Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico de Engenharia.
- DETR - DEPARTMENT OF THE ENVIRONMENT, TRANSPORT AND THE REGIONS, 1998. *A New Deal for Transport: Better for Everyone - The Government's White Paper on the Future of Transport* Norwich: Her Majesty's Stationery Office - HMSO.
- DIAS, B. F. S., 1993. *Áreas Protegidas no Cerrado Brasileiro*. Brasília: MMA.
- DIAS, G. T. M., 1981. *O complexo deltaico do Rio Paraíba do Sul*. In: *IV Simpósio Quaternário no Brasil*. Publicação Especial, 2, p. 58-74. Rio de Janeiro.
- DIAS, G. T. M. e GORINI, M. A., 1979. *Morfologia e dinâmica da evolução do delta atual do rio Paraíba do Sul*. In: *Anais da V Semana de Geologia*. Rio de Janeiro: UFRJ.
- DIAS, G. T. M. e SILVA, C. G., 1984. *Geologia de depósitos arenosos costeiros emersos - exemplos ao longo do litoral fluminense*. In: LACERDA, L. D.; ARAUJO, D. S. D.; CERQUEIRA, R.; TURCQ, B.(Eds.). *Restingas: Origem, Estrutura, Processo*. Niterói: CEUFF, p. 47-60.
- DINIZ, M. F. e FERREIRA, L. T., 1997. *Governo Brasileiro Apóia o Desenvolvimento da Biotecnologia - Entrevista com Marco Maciel*. Revista Bio Tecnologia - Ciência e Desenvolvimento, ano 1, n. 1, p. 3-6, maio.
- DINNEN, R., 1996. *Políticas em Relação à Produção e ao Uso de Energia em Desenvolvimento Sustentado - Associação Nacional de Combustíveis Renováveis dos EUA*. In: Anais do Seminário: *O Álcool e a Nova Ordem Econômica Mundial*. Brasília: Frente Parlamentar Sucroalcooleira, p. 47-52.
- DNC - DEPARTAMENTO NACIONAL DE COMBUSTÍVEIS, 1996. *Anuário Estatístico - 1995*. Brasília: MME
- DÖBEREINER, J., 1997. *A Importância da Fixação de Nitrogênio para a Agricultura Sustentável*. Revista Bio Tecnologia - Ciência e Desenvolvimento, ano 1, n. 1, Encarte Especial, p. 2-3, maio.
- DOMINGUEZ, J. M. L., 1989. *Ontogeny of a strand-plain: Evolving concepts on the evolution of the Doce river beach-ridge plain (East coast of Brazil)*. In: *International Symposium on Global Changes in South America during the Quaternary: Past-Present-Future. Special Publication*. São Paulo, n. 1, p. 235-240, 8-12 de maio.
- DOMINGUEZ, J. M. L.; MARTIN, L.; BITTENCOURT, A. C. S. P.; FERREIRA, Y. A.; FLEXOR, J. M., 1982. *Sobre a validade da utilização do termo delta para designar planícies costeiras associadas às desembocaduras dos grandes rios brasileiros*. In: *32º Congresso Brasileiro de Geologia*, Volume 2 (Breves Comunicações): 92. Salvador.
- DORNELLES, F., 1996. *Pronunciamento sobre o Álcool*. In: Anais do Seminário: *O Álcool e a Nova Ordem Econômica Mundial*. Brasília: Frente Parlamentar Sucroalcooleira, p. 32-35.
- DOS SANTOS, M. A., 1993. *A contribuição da biomassa ao abatimento das emissões de carbono no sistema energético: dimensionamento e análise do caso brasileiro*. Dissertação de mestrado. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE/PPE.
- ECMT - EUROPEAN CONFERENCE OF MINISTERS OF TRANSPORT e OECD - ORGANISATION FOR



- ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 1990. *Transport Policy and the Environment*. Paris.
- ELETRÓBRÁS - CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS S.A., 1989a. *Revisão das metas de conservação de energia elétrica*. Rio de Janeiro: Departamento de Utilização Energia.
- _____, 1989b. *Sinopse de informações sócio-econômicas e de energia elétrica*. Rio de Janeiro: Departamento de Utilização Energia Elétrica.
- _____, 1994. *Plano 2015* Plano Nacional de Energia Elétrica 1993-2015. Rio de Janeiro, abril.
- _____, 1997a. *Resultados do PROCEL 1996: Economia de Energia e Redução de Demanda na Ponta*. Rio de Janeiro.
- _____, 1997b. *Plano Decenal de Expansão - 1997/2006*. GCPS.
- ELLIOTT, P. e BOOTH, R., 1993. *Brazilian Biomass Power Demonstration Project*. Londres.
- EPRI - ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE, 1981. *Impact of Advanced Power Semiconductor Systems on Utilities and Industry*. Palo Alto: EPRI EM-2112.
- EUROPEAN COMMISSION, 1997. *Climate change and agriculture in Europe - assessment of impacts and adaptations: Summary report*. Luxembourg, 37 p.
- FERNANDES, E. S. L. e COELHO, S.T. (Org.), 1995. *Etanol: Solução ou problema?* In: *Seminário Perspectivas do Alcool Combustível no Brasil*. São Paulo.
- FESP/SP - FACULDADE DE ESTUDOS SÓCIO-POLÍTICOS DE SÃO PAULO, 1997. *Estudo de Impacto Ambiental do Rodo Anel* Trecho Oeste em São Paulo. São Paulo: FESP/DERSA.
- FILIPPO, G. e NUNES, M., 1988. *O chuveiro elétrico e a conservação de energia*. São Paulo, n. 44, setembro.
- FLORES, M. X. e SILVA, J. S., 1992. *Projeto Embrapa II: do projeto de pesquisa ao desenvolvimento sócio-econômico no contexto do mercado*. Brasília: EMBRAPA-SEA, 55 p. (EMBRAPA-SEA. Documentos, 8).
- FRANZINELLI, E., 1982. *Contribuição à geologia da costa do Estado do Pará* (entre a baía de Curaça e Maíau). In: SUGUIO, K.; MEIS, M. R. M.; TESSLER, M. G. (Eds.). *Atas IV Simpósio do Quaternário no Brasil*. Rio de Janeiro, p. 305-322, 27 a 31 de julho.
- FREITAS, M. A. V.; CAETANO, M. M.; CECCHI, J. C., 1997. *A Produção e Consumo da Biomassa Energética no Estado do Rio de Janeiro - O Caso do Setor Sucroalcooleiro*. In: *Seminário Proálcool: Crise e Alternativas para um Desenvolvimento Sustentável*, p. 31.
- FREITAS, M. A. V.; CECCHI, J. C.; PINGUELLI ROSA, L., 1996. *Biomassa Energética no Brasil: Situação do Setor Sucroalcooleiro*. In: *VII Congresso Brasileiro de Energia*. v. II, p. 949-962.
- FREITAS, M. A. V.; PINGUELLI ROSA, L., 1997. *Proálcool: Crise e Alternativas para um Desenvolvimento Sustentável*. In: *Seminário Proálcool: Crise e Alternativas para um Desenvolvimento Sustentável*, p. 23.
- FURTADO, C., 1959. *Formação Econômica do Brasil*. Rio de Janeiro: Editora Nacional.
- GANDER, E. S. e MARCELINO, L. H., 1997. *Plantas Transgênicas*. Revista Bio Tecnologia - Ciência e Desenvolvimento, ano 1, n. 1, p. 34-37, maio.
- GARCEZ, N., 1989. *Conservação de Energia em iluminação pública*. In: *Simpósio Brasileiro de Conservação de Energia em Iluminação*. São Paulo.
- GAZETA MERCANTIL, 1998. *Panorama Setorial do Setor de Gás Natural*.
- GCPS - GRUPO COORDENADOR DO PLANEJAMENTO DOS SISTEMAS ELÉTRICOS, 1999. *Plano Decenal de Expansão 2000/2009*. Eletrobrás.
- _____, 2000. *Plano Decenal de Expansão 1999/2008*. Eletrobrás.
- GELLER, H., 1994. *O Uso Eficiente da Eletricidade - Uma estratégia para desenvolvimento do Brasil*. Rio de Janeiro: INEE.
- _____, 1991. *Efficient Electricity Use: A Development Strategy for Brazil*. Washington: American Council for an Energy-Efficient Economy.
- GELLER, H. S.; JANNUZZI, M.; SCHAEFFER, R.; TOLMASQUIM, M.T., 1997. *The Efficient Use of Electricity in Brazil: Progress and Opportunities*. Washington, D. C.: American Council for an Energy-Efficient Economy.
- GELLER, H. S.; LEONELLI, P.; ABREU, R. M.; ARAÚJO, I., 1997. *Energy-Efficient Lighting in Brazil: Market Evolution, Electricity Savings, and Public Policies*. Washington: American Council for an Energy-Efficient Economy.
- GODWIN, D.; RITCHIE, J.; SINGH, U.; HUNT, L., 1989. *A user's guide to CERES wheat* v. 2.10. Muscle Shoals: International Fertilizer Development Center.
- GOLDEMBERG, J. e MACEDO, I. C., 1994. *The Brazilian Alcohol Program* an overview. Energy for Sustainable Development. v. 1, n. 1, p. 17-22.
- GOMES, F. C. JÚNIOR, 1987. *Interferências sobre a migração de ilhas-barreira na região da Lagoa da Conceição, Ilha de Santa Catarina*. In: *Anais I Congresso Associação Brasileira para Estudos do Quaternário*. Porto Alegre, p. 277-295, 6 a 12 de julho.
- GOODWIN, P., 1997. *Opening address*. UCL. London: University College London (unpublished paper)
- GRAÇA, G., 1989. *Household Energy Consumption in Brazil: Evolution and Forecast*. International Workshop on Long-Term Energy Scenarios and Policy Options for the Developing Countries. Berkeley.
- GRAÇA, G.; BARGHINI, A., 1985. *Uso de eletricidade no setor residencial da cidade de São Paulo*. São Paulo: Companhia Energética de São Paulo.
- GUIMARÃES, E., 1987. *Sistemas de ar condicionado*. In: *Anais do Seminário de Conservação de Energia no Condicionamento Ambiental*. Rio de Janeiro: Light Serviços de Eletricidade S.A.
- GUSMÃO, L. A. B.; CASSAR, J. C. M.; NEVES, C. F., 1993. *The Northern Coast of the State of Rio de Janeiro. Proceedings Coastal Zone 93*. Nova Iorque: American Society of Civil Engineers, p. 106-120.
- HABITAT, 1996. *An Urbanizing World: Global Report on Human Settlements*. Oxford: Oxford University Press.
- HADDAD, P. R., 1999. *Apêndice técnico: a competitividade do agronegócio: estudo de Cluster*. In: HADDAD, P. R. (Org.). *A competitividade do agronegócio e o desenvolvimento regional no Brasil: estudos de Clusters*. Brasília: CNPq/Embrapa, p. 23-35.
- HANSEN, J.; RUSSELL, G.; RIND, D.; STONE, P.; LACIS, A.; LEBEDEFF, S.; RUEDY, R.; TRAVIS, 1983. *Efficient Three-Dimensional Global Models for Climate Studies: Models I and II*. Monthly Weather Review, v. 3, n. 4.
- HARARI, J. e CAMARGO, R., 1994. *Tides and mean sea level in Recife (PE) - 8° 3.3' S 34° 51.9' W - 1946 to 1988*. Boletim do Instituto Oceanográfico. São Paulo: USP.
- HENRIQUES JÚNIOR, M., 1995. *Uso de Energia na Indústria Energo-Intensiva Brasileira: Indicadores de Eficiência e Potencial de Economia de Energia*. Dissertação de mestrado. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ.
- HERTZ, R., 1991. *Manguezais do Brasil*. Instituto Oceanográfico. São Paulo: USP, 54 p.
- HOGBEN, N. e LUMB, F. E., 1967. *Ocean Wave Statistics*. London: National Physics Laboratory, Ministry of Technology.
- HOUGHTON, J., 1994-1997. *Global Warming - The Complete Briefing*. Cambridge: Cambridge University Press.
- HOUGHTON, J. J.; MEIRA FILHO, L. G.; CALLANDER, B. A.; NARRIS, N.; KATTENBERG, A.; MASKELL, K. (Eds.), 1996. *Climate Change 1995. The Science of Climate Change*. Contribution of Working Group I to the

- Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press.
- HOUGHTON, J. T.; DING, Y.; GRIGGS, D. J.; NOGUER, M.; VAN DER LINDEN, P. J.; DAI, X., MASKELL, K.; JOHNSON, C. A. (Eds.), 2001. *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press.
- HOUGHTON, J. T.; JENKINS, G. J.; EPHRAUMS, J. J. (Eds.), 1990. *Climate Change Scientific Assessment of Climate Change*. Report Prepared for IPCC by Working Group I. Cambridge: Cambridge University Press.
- IAEA - INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 1996. *Comparison of energy sources in terms of their full-energy-chain emission factors of greenhouse gases*. Workshop realizado em Pequim, China de 4 a 7 de outubro de 1994. Viena: IAEA-TECDOC-892, julho.
- IBGE - FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 1994. *Anuário Estatístico do Brasil - 1994*. Rio de Janeiro.
- IBS - INSTITUTO BRASILEIRO DE SIDERURGIA, 1997. *Anuário estatístico*. Rio de Janeiro.
- ICLEI - THE INTERNATIONAL COUNCIL FOR LOCAL ENVIRONMENTAL INITIATIVES, 1997. *Local Government Implementation of Climate Protection: Interim Report*. Julho.
- _____, 1997. *Local Government Implementation of Climate Protection*. Report to the United Nations Conference of the Parties. Dezembro.
- _____, 1997. *Local Government Implementation of Climate Protection*. Case Studies. Dezembro.
- IEA - INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 1998. *Energy Policies of IEA Countries: 1998 Review*.
- INTERNATIONAL NUCLEAR SOCIETIES COUNCIL, AMERICAN NUCLEAR SOCIETY, 1966. *A vision for the second fifty years of nuclear energy: Vision and strategies*. La Grange Park.
- IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2000. *Sumário para formuladores de Políticas*. Sumário Técnico do Grupo de Trabalho I. Brasília: MCT. (tradução autorizada pelo IPCC).
- JACOBS, J., 1961. *The Death and Life of Great American Cities*. Nova Iorque: Penguin Books.
- JANJIC, Z. I., 1979. *Forward-backward scheme modified to prevent two-grid interval noise and its application in sigma coordinate models*. Contrib. Atmos. Phys., 52, p. 69-84.
- _____, 1984. *Nonlinear advection schemes and energy cascade on semi-staggered grids*. Monthly Weather Review, 112, p. 1234-1245.
- _____, 1994. *The step-mountain eta coordinate model: Further developments of the convection, viscous sublayer, and turbulence closure schemes*. Monthly Weather Review, 122, p. 927-945.
- JANK, M. S. e VIÉGAS, I. F. P., 1999. *A OMC e o Agronegócio: o desafio da rodada do milênio*. Preços Agrícolas. Piracicaba: Esalq, p. 3-10.
- JANNUZZI, G. M., 1994. *Brazilian Utilities: Households in Focus*. IAEEL Newsletter 3 (6) 6-7.
- JANNUZZI, G. M. e SANTOS, V. F., 1996. *The costs and benefits of a residential lighting program in Brazil*. Energy for Sustainable Development, p. 52, v. II, n. 6, março.
- JANNUZZI, G. M. e SCHIPPER, L., 1990. *Electricity Conservation in the Brazilian Household Sector*. Berkeley: Lawrence Berkeley Laboratory.
- JEANROY, A., 1996. *Etanol e o Desenvolvimento de Bio-combustíveis na França e na Comunidade Européia*. In: Anais do Seminário: *O Álcool e a Nova Ordem Econômica Mundial*. Brasília: Frente Parlamentar Sucroalcooleira, p. 101-103.
- JENKINS, B., 1994. *Atmospheric pollutant emission factor from open burning of sugar cane by wind tunnel simulation*. Final Report. Davis, CA: University of California.
- JOHNSON, J., 1996a. *Combustíveis Renováveis e Mercado - Posição do Governo de Wisconsin EUA*. In: Anais do Seminário: *O Álcool e a Nova Ordem Econômica Mundial*. Brasília: Frente Parlamentar Sucroalcooleira, p. 124-127.
- _____, 1996b. *Posição do Governo de Wisconsin - Estados Unidos sobre o Etanol*. In: Anais do Seminário: *O Álcool e a Nova Ordem Econômica Mundial*. Brasília: Frente Parlamentar Sucroalcooleira, p. 44-45.
- JONES, C. A. e KINIRY, J. R. (Eds.), 1986. *CERES-Mayze: A simulation model of maize growth and development*. College Station: Texas A&M University Press.
- JONES, J. W.; BOOTE, K. J.; JAGTAP, S. S.; HOOGENBOOM, G.; WILKERSON, G. G. *SOYGRO*, 1988. v. 5.41: *soybean crop growth simulation model user's guide*. Florida Agr. Exp. Sta. Journal n. 8304, IFAS. University of Florida.
- JONES, J. W.; JAGTAP, S. S.; HOOGENBOOM, G.; TSUJI, G. Y., 1990. *The structure and function of DSSAT*. In: *International Benchmark Sites Network for Agrotechnology Transfer*. Proceedings of the IBSNAT Symposium: Decision Support System for Agrotechnology Transfer. Honolulu: University of Hawaii.
- JONES, J. W.; PICKERING, N. B.; ROSENZWEIG, C.; BOOTE, K. J., 1987. *Simulated impacts of global change on crops*. Gainesville: University of Florida, p.411-434 (Technical Bulletin, n. 100).
- JWCA - JORGE WILHEM CONSULTORES ASSOCIADOS, 1988. *Consumo de energia nos setores do comércio e serviços*. São Paulo.
- KEMPF, M.; MABESOONE, J. M.; TINOCO, I. M., 1970. *Estudo da plataforma continental da área do Recife: I- Generalidades sobre o fundo*. Trabalhos Oceanográficos. Recife: UFPE, 37(53), p. 341-344.
- LAMB, H. H., 1995. *Climate, History and the Modern World*. Second Edition. London: Routledge.
- LAMBERTS, R.; LOMARDO, L. L. B.; AGUIAR, J. C.; THOME, M. R. V., 1996. *Eficiência Energética em Edificações: Estado da Arte*. Rio de Janeiro: PROCEL/Eletrobrás.
- LBA - THE LARGE SCALE BIOSPHERE-ATMOSPHERE EXPERIMENT IN AMAZONIA, 1996. *Concise experimental plan*. The LBA Science Planning Group. Manaus.
- LEÃO, Z.; KIKUCHI, R.; TESTA, V.; TELLES M.; PEREIRA, J.; DUTRA, L.; SAMPAIO C., 1999. *First coral reef assessment in the southern hemisphere applying the AGRRA rapid protocol* (Caramuanas reef, Bahia, Brazil). In: Intern conference on *Scientific Aspects of Coral Reef Assessment, Monitoring and Restoration*. Abstracts. Fort Lauderdale, p.122-123.
- LEÃO, Z. M. A. N.; KIKUCHI, R. K. P.; TESTA, V., 2001. *Corals and Coral Reefs of Brazil*. In: CORTÊS, J. (Ed.). *Latin America Coral Reefs*. Amsterdã: Elsevier Publisher.
- LEITE, R. C. C., 1996. *Políticas em Relação à Produção e ao Uso de Energia em Desenvolvimento Sustentado UNICAMP*. In: Anais do Seminário: *O Álcool e a Nova Ordem Econômica Mundial*. Brasília: Frente Parlamentar Sucroalcooleira, p. 55-57.
- LEMOS DE SÁ, R. M. e FERREIRA, L. (Coords.), 1999. *Áreas Protegidas ou Espaços Ameaçados: O Grau de Implementação e a vulnerabilidade das Unidades de Conservação Federais Brasileiras de Uso Indireto*. Série Técnica Volume III. Brasília: WWF Brasil.
- LEONELLI, P. A., 1995. *Efficient Lighting in Brazil*. In: *Proceedings of the 3rd European Conference on Energy-Efficiency Lighting*. Newcastle/Tyne.
- LESSA, G. C., 1990. *Hidráulica e Sedimentação do Canal de Itajuru-Laguna de Araruama (RJ)*. Dissertação de mestrado. Rio de Janeiro: Departamento de Geografia, UFRJ, 90 p.



- LINS, M. P. E. e SILVA, A. C. M., 1996. *Conditional Demand Analysis for Estimating Regional Variation in Appliance Specific Electricity Consumption for Brazilian Household Sector*. In: *Proceedings of the 1996 European-Latin American Forum on Energy Research*.
- LOBOSCO, O., 1989. *Estado da arte de motores elétricos no Brasil e no mundo*. In: *Anais do I Seminário de Motores Elétricos*. São Paulo: ABINEE.
- MABESOOONE, J. M., 1964. *Origin and age of the sand-stone reefs of Pernambuco (Northeastern Brazil)*. *Journal of Sedimentary Petrology*, 34, p. 715-726.
- MABESOOONE, J. M. e COUTINHO, P. N., 1970. *Litoral and shallow marine geology of Northern and Northeastern Brazil*. *Trabalhos Oceanográficos*. Recife: UFPE, 12, p. 1-214.
- MABEY, N. *et al*, 1997. *Argument in the greenhouse*. London: Routledge.
- MADRONICH, S., 1993. *UV radiation in the natural and perturbed atmosphere*. In: *UV-B Radiation and Ozone Depletion*. Edited by M. Tevini, Lewis. Boca Raton.
- MADUREIRA, R. G., 1995. *Avaliação Econômica de Tecnologia Solar para Conservação de Energia Elétrica em Aquecimento de Água Residencial*. Dissertação de mestrado. Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, UNICAMP.
- MAGALHÃES, A. R. e GLANTZ, M. H. (Eds.), 1992. *Socioeconomic Impacts of Climate variations and Policy Responses in Brazil*. Brasília: Esquel Brazil Foundation.
- MAGALHÃES, J. P. A. *et al*, 1991. *Proálcool - Uma avaliação Global*. Rio de Janeiro: Assessores Técnicos Ltda - ASTEL.
- MAGNO, E. A. C., 1989. *Carta Geomorfológica da Ilha de Itamaracá*. Dissertação de mestrado. Recife: Departamento de Ciências Geográficas, UFPE, 109 p.
- MANABE, S. e WETHERALD, R., 1987. *Large-scale changes of soil wetness induced by an increase in atmospheric carbon dioxide*. *Journal of Atmospheric Science*, 44: p. 1601-1613.
- MARANHÃO, G., 1996. *A Produção de Energia, a Criação de Empregos e as Relações Capital-Trabalho - Posição da Federação dos Plantadores de Cana do Brasil - FEPLANA*. In: *Anais do Seminário: O Álcool e a Nova Ordem Econômica Mundial*. Brasília: Frente Parlamentar Sucroalcooleira, p. 136-137.
- MARQUES, R. C. C., 1987. *Geomorfologia e Evolução da Região Costeira do Complexo Estuarino Lagunar Mundaú-Manguaba*. Dissertação de mestrado. Rio de Janeiro: Departamento de Geografia, UFRJ, 152 p.
- MARTIN, L. e SUGUIO, K., 1989. *Excursion route along the Brazilian coast between Santos (State of São Paulo) and Campos (North of State of Rio de Janeiro)*. In: *International Symposium on Global Changes in South America during the Quaternary*. Special Publication 2. São Paulo, 136 p., 8-12 de maio.
- MARTINS, A., 1985. *Estado atual das obras de proteção da orla litorânea do Município de Olinda*. Relatório INPH 113/85 - Olinda 930/01. Instituto de Pesquisas Hidroviárias, PORTOBRÁS, 24 p.
- MARTINS, L. R. e VILLWOCK, J. A., 1987. *Eastern South America Quaternary coastal and marine geology: A synthesis*. In: *Quaternary Coastal Geology of West Africa and South America*. Dakar: INQUA-ASEQUA Symposium, p. 28-96, abril 1986.
- MATOS, C., 1996. *Prospection, research and mining and milling of uranium in Brazil*. Rio de Janeiro: Indústrias Nucleares do Brasil S.A.
- MCCARTHY, J. J.; CANZIANI, O. F.; LEARY, N. A.; DOKKEN, D. J.; WHITE, K. S. (Eds.), 2001. *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press.
- MCKINLAY, A. F. e DIFFEY, B. L., 1987. *A reference action spectrum for ultraviolet-induced erythema in human-skin*. In: PASSCHLER e BOSNAJOKOVIC. *Human exposure to ultraviolet radiation: Risks and regulation*. Amsterdã: Elsevier.
- MCT - MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 1995. *Subprograma de Ciência e Tecnologia PPG-7. Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais no Brasil: Manual Operativo*. Brasília.
- _____, 1997. *Energia Elétrica de Biomassa: MCT/PNUD e Copersucar vão investir R\$ 7,3 milhões*. Brasília.
- _____, 1997-1998. *Boletim Informativo do Subprograma de Ciência e Tecnologia do PPG-7*. Brasília.
- _____, 1998. *Subprograma de Ciência e Tecnologia PPG-7. Relatório 1997*. Brasília.
- MEC - MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO ESPORTO, 1997. *PRONEA Programa Nacional de Educação Ambiental*. Brasília.
- _____, 1997. *Educação Ambiental*. Brasília.
- MENEZES, J. L. M., 1988. *Atlas Histórico e Cartográfico do Recife*. Recife: Fundação Joaquim Nabuco, Editora Massangana, 110 p.
- MESQUITA, A. R. e HARARI, J., 1983. *Tides and tide gauges of Ubatuba and Cananéia*. Relatório Instituto Oceanográfico. São Paulo: USP.
- MESQUITA, A. R. e LEITE, J. B. A., 1985. *Sobre a variabilidade do nível médio do mar na costa sudeste do Brasil*. In: *I Encontro Regional de Geofísica*. São José dos Campos, 27 a 29 de novembro.
- METZ, B.; DAVIDSON, O.; SWART, R.; PAN, J., 2001. *Climate Change 2001: Mitigation*. Contribution of Working Group III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press.
- MGC TEGART, W. J.; SHELDON, G.W.; GRIFFITHS, D. C., 1990. *Climate Change The IPCC Impacts Assessment*. Report Prepared for IPCC by Working Group II. Canberra: Australia Government Publish Service.
- MICT - MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO E TURISMO, 1997. *Importância do Álcool para o país*. Brasília.
- MIGOTTO, A. E., 1997. *Anthozoan bleaching on the southeastern coast of Brazil in the summer of 1994*. Intern. In: *Conference on Coelenterate Biology*, 6. Holanda: Proceedings ICCB, p. 329-335.
- MILLER, P.; ETO, J.; GELLER H., 1989. *The Potential for Electricity Conservation in New York State*. Washington, D. C.: American Council for an Energy-Efficient Economy.
- MIRAGLIA, S. G. EI K.; CONCEIÇÃO, G. M. S.; SALDIVA, P. H. N.; STRAMBI, O., 1997. *Analysis of the impact of fuel consumption on mortality rates in São Paulo*. In: SUCHAROV, L. e BIDINI, G. *Urban Transpor and the Environment for the 21st Century III*. Southampton, Boston: Computational Mechanics Publications, p. 435-444.
- MOREIRA, J. R., 1997. *Estudo de Financiamento de Geladeiras*. Rio de Janeiro: Light S.A.
- MOREIRA, J.R.; CORRÊA, F.; FREITAS, M. A. V., 1996. *Plano Nacional de Energias Renováveis Biomassa*. In: *III Encontro para o Desenvolvimento das Energias Renováveis - Solar Eólica, Biomassa e PCH's no Brasil*. Foro Permanente das Energias Renováveis. Brasília: MCT.
- MUEHE, D., 1984. *Evidências de recuo dos cordões litorâneos em direção ao continente no litoral do Rio de Janeiro*. In: LACERDA, L.D.; ARAÚJO D.S.D; CERQUEIRA, R.; TURCQ, B (Eds.). *Restingas: Origem, Estrutura, Processos*. Niterói: CEUFF, p. 75-80.
- MUEHE, D. e ALBINO, J., 1992. *Erosão e recuperação de um pontal arenoso-Macaé (RJ)*. In: *37 Congresso*

- Brasileiro de Geologia São Paulo*. Resumos, v.1, p. 188
- MUEHE, D. e CARUSO JUNIOR., F., 1989. *Batimetria e algumas considerações sobre a evolução geológica da Lagoa da Conceição, Ilha de Santa Catarina*. Geosul, 7(iv), p. 32-44.
- MUEHE, D. e CORREA, C. H. T., 1989. *The coastline between Rio de Janeiro and Cabo Frio*. In: NEVES, C.F. e MAGOON, O.T. (Eds.). *Coastline of Brazil*. Nova Iorque: American Society of Civil Engineers, p. 110-123.
- MUEHE, D. e NEVES, C. F., 1990. *Potential impacts of sea level rise on the coast of Brasil*. In: TITUS, J.G. (Ed.). *Changing Climate and the Coast*. Washington, D.C.: U.S. Environmental Protection Agency, p. 311-340.
- _____, 1994. *The implications of sea-level rise on the Brazilian Coast: A preliminary assessment*. Journal of Coastal Research, Special Issue n. 14.
- NASTARI, P., 1996. *Combustíveis Renováveis e Mercado - Pesquisas da Fundação Getúlio Vargas*. In: Anais do Seminário: *O Álcool e a Nova Ordem Econômica Mundial*. Brasília: Frente Parlamentar Sucroalcooleira, p. 128-130.
- NEVES, C. F. e HANSEN, C. M. P., 1993. *Management and engineering at Araruama Lagoon, Brazil*. Proceedings Coastal Zone 93. Nova Iorque: American Society of Civil Engineers, p. 2383-2397.
- NEVES, C. F. e MUEHE, D., 1994. *Potential impacts of sea-level rise on the Metropolitan Region of Recife, Brazil*. Journal of Coastal Research, Special Issue n. 14.
- NEVES, C. F.; MUEHE, D.; FIALHO, G. O. M., 1991. *Coastal management and sea level rise in Recife, Brazil*. Proceedings Coastal Zone 91. Nova Iorque: American Society of Civil Engineers, p. 2801-2815.
- NEVES FILHO, S. C., 1992. *Variação da Maré Meteorológica no Litoral Sudeste do Brasil: 1965-1986*. Dissertação de mestrado. Rio de Janeiro: Programa de Engenharia Oceânica, COPPE, UFRJ, 80 p.
- NICHOLLS, R. J.; LEATHERMAN, S. P.; DENNIS, K.C.; VOLONTÉ, C.R., 1994. *Impacts and responses to sea level rise: Qualitative assessments*. Journal of Coastal Research, Special Issue n. 14.
- NITROUER, C. A.; KUEHL, S. A.; RHINE, J. M.; FIGUEIREDO, A. G.; FARIA, L. E. C.; DIAS, G. T. M.; SILVA, M. A. M.; ALLISON, M. A.; PACIONI, T. D.; SEGALL, M. P.; UNDERKOFFLER, E. C.; BORGES, H. V., 1991. *Sedimentology and stratigraphy of the Amazon continental shelf*. Oceanography, p.33-38, abril.
- NOU, E. A. V.; BEZERRA, L. M. M.; DANTAS, M., 1983. *Geomorfologia*. In: *Projeto Radam Brasil*. Levantamento de Recursos Naturais v.30, folhas SC 24/25, Aracaju/Recife. Rio de Janeiro: MME, p. 377-443.
- NUNES, T. A. N.; RAMOS, V. L. S.; DILLINGER, A. M. S., 1981. *Geomorfologia*. In: *Projeto Radam Brasil*. Levantamento de Recursos Naturais v.24, folha SD 24, Salvador. Rio de Janeiro: MME, p. 193-276.
- OLIVEIRA, A. (Coord.), 1995. *Cogeração no Estado do Rio de Janeiro: Oportunidades e Desafios*. Relatório Final. Rio de Janeiro: IEI/UFRJ, abril.
- OLIVEIRA, A. e ALMEIDA, E. L., 1995. *Innovation and Energy Conservation: Electric Motors in Brazil*. Rio de Janeiro: Instituto de Economia, UFRJ.
- O'RIORDAN, T., 1995. *Environmental Science for Environmental Management*. Singapore Longman Group Ltd.
- OTTMANN, F., 1959. *Estudo topográfico e sedimentológico de um perfil da praia de Piedade*. Trabalhos do Instituto de Biologia Marítima e Oceanografia. Recife: Universidade do Recife, 1, p. 19-37
- OXFORD, [?]. *Environment 1996-1997*. Oxford: Oxford University Press.
- PAIXÃO, M. J. P., 1994. *No Coração do Canavial: Estudo Crítico da Evolução do Complexo Agro-Industrial Sucroalcooleiro e das Relações de Trabalho na Lavoura Canavieira*. Dissertação de mestrado. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ.
- _____, 1997. *Os Vinte Anos do Proálcool: As Controvérsias de um Programa Energético de Biomassa*. In: FASE Série: *Brasil: Sustentabilidade e Democracia*, n. 3. Rio de Janeiro, março.
- PAN AMERICAN, 1998. *Cenários de Demanda de Gás Natural - 2005/2030*.
- PATERNON, N. T. e COMGÁS, 1998. *Inventário sobre Gases de Efeito Estufa Gás Metano*. In: *Conferência do Instituto Brasileiro de Petróleo - IBP*, no Rio de Janeiro, de 5 a 8 de outubro de 1998. Rio de Janeiro: IPB/COMGÁS.
- PIRAZOLLI, P. A., 1986. *Secular trends of relative sea-level (RSL) changes indicated by tide-gauge records*. Journal of Coastal Research, Special Issue n. 1, p. 1-26.
- PONTES, J. A., 1996. *Francisco Prestes Maia, o Político que não Gostava de Política*. In: *Cidade A Saga da Metrópole e seu Inventor - Cem Anos de Prestes Maia*. Revista do Departamento do Patrimônio Histórico, Secretaria Municipal de Cultura, ano III, n. 4. São Paulo: DPH.
- POOLE, D. C. e GELLER, H., 1997. *The Emerging ESCO Industry in Brazil*. Washington: American Council for an Energy-Efficient Economy ACEEE
- PORTOBRÁS, 1986. *Plano de Desenvolvimento Portuário 1987-1996: Portos de Recife e Suape*. v. A, 210p.
- PRATES, M.; GATTO, L. C. S.; COSTA, M. I. P., 1981. *Geomorfologia*. In: *Projeto Radam Brasil*. Levantamento de Recursos Naturais v. 23, folhas SB 24/25, Jaguaribe/Natal. Rio de Janeiro: MME, p.301-348.
- PROUST, M. T.; LINTIER, M.; BARTHES, B., 1988. *Evolution cotière en Guyane Française: La Zone de Sinnamary*. In: *35 Congresso Brasileiro de Geologia e 7 Congresso Latinoamericano de Geologia*. Abstracts. Belém, p. 406, 6 a 13 de novembro.
- RASOVSKY, E. M., 1979. *Álcool - Destilarias*. Coleção Canavieira, n. 12. Rio de Janeiro: Instituto do Açúcar e do Álcool.
- REDDY, A. K. N. et al, 1997. *Energy After Rio Prospects and Challenges*. Executive Summary. PNUD.
- RIBEIRO, C. M. et al, 1999. *Tecnologia fotovoltaica: uma alternativa real para eletrificação rural no Brasil*. In: *VIII Congresso Brasileiro de Energia*. Rio de Janeiro, p. 1501-1525.
- RIBEIRO, D., 1996. *O povo brasileiro - A formação e o sentido do Brasil*. São Paulo: Companhia das Letras.
- RIBEIRO, M. A., 1998. *Ecologizar: Pensando o Ambiente Humano*. Belo Horizonte: Rona Editora.
- RIBEMBOIM, J. (Org.), 1997. *Mudando os Padrões de Consumo: textos para o século XXI*. Brasília: IBAMA/MMA.
- RICCI, M., 1996. *Etanol e Gasolina: Impactos Ambientais e na Saúde - Produção e Uso - Pesquisas da General Motors do Brasil*. In: Anais do Seminário: *O Álcool e a Nova Ordem Econômica Mundial*. Brasília: Frente Parlamentar Sucroalcooleira, p. 66-69.
- RODRIGUES, A. e LIZARDO, J. A., 1985. *Limites ao papel do álcool na política energética*. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ.
- RODRIGUES DA SILVA, R., 1959. *Estudo mineralógico das areias do litoral pernambucano*. Instituto de Pesquisas Agronômicas de Pernambuco, NS 7, 127.
- ROIZENBLATT, I., 1994. *Sistemas de Iluminação Eficiente*. In: *Seminário Internacional em Estratégias para Conservação de Eletricidade no Brasil*. Rio de Janeiro: Eletrobrás.
- ROJAS, L. B. I. e TOLEDO, L. M. (Orgs.), 1998. *Espaço & Doença Um olhar sobre o Amazonas*. Rio de Janeiro: FIOCRUZ.
- ROLNIK, R., 1997. *A Cidade e a Lei - Legislação, Política Urbana e Territórios na Cidade de São Paulo*. São Paulo: FAPESP Studio Nobel.



- ROSA, L. P., 1997. *Energia Racional*. Jornal O Globo. Rio de Janeiro, p. 6, 28 junho.
- _____, (Coord.), 2002. *Emissões de Gases de Efeito Estufa Derivados de Reservatórios Hidrelétricos* Monitoramento e Treinamento de Técnicos do Setor Elétrico Brasileiro. Relatório Final. Projeto PPE 1406 ANEEL/MCT/PNUD. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ e COPPETEC.
- ROSA, L. P. et al, 1995. *O Gás Natural na América Latina, no Brasil e no Estado do Rio de Janeiro* Algumas Considerações. ENERGE, n. 8.
- ROSA, L. P. e SCHECHTMAN, R., 1996. *Avaliação de Custos Ambientais da Geração Termelétrica*: Inserção de Variáveis Ambientais no Planejamento da Expansão do Setor Elétrico. Rio de Janeiro: ENERGE, n. 9, v. II.
- ROSENZWEIG, C e HILLEL, D., 1998. *Climate change and the global harvest - potential impacts of the greenhouse effect on agriculture*. New York: Oxford Press, 336 p.
- ROSENZWEIG, C. e IGLESIAS, A (Eds.), 1994. *Implications of climate change for international agriculture: crop modeling study*. Washington: EPA (EPA 230-B-94-003), junho.
- RYLANDS, A. B., 1991. *The Status of Conservation Areas in the Brazilian Amazon*. Washington: World Wildlife Fund WWF.
- RYLANDS, A. B. e PINTO, L. P. S., 1995. *Diagnóstico Ambiental da Amazônia Legal* Conservação da Biodiversidade na Amazônia Brasileira: uma Análise do Sistema de Unidades de Conservação. Belo Horizonte: Conservation International do Brasil.
- SALDIVA, P. et al, 1994. *Association between air pollution and mortality due to respiratory diseases in children*. A preliminary report. São Paulo, Environ Res: 65, p. 218-225.
- SALDIVA, P., 1995. *Air pollution and mortality in elderly people: a time series study in São Paulo*. In: Archives of Environmental Health 50, p. 159-163.
- SANGUI, A.; ALVES, D. C.; EVENSON, R; MENDELSON, R., 1997. *Global warming impacts on brazilian agriculture: estimates of the ricardian model*. Economia Aplicada, v. 1, n. 1. p. 7-33.
- SANT'ANNA, E. M. e WHATELY, M. H., 1981. *Distribuição dos manguezais do Brasil*. Revista Brasileira de Geografia, 43(1), p. 47-63.
- SCHELEDER, E. M. e MANCINI, E., 1998. *O Mercado Invisível*. Brasília: Departamento Nacional de Desenvolvimento Energético/MME.
- SECTEC/RJ - SECRETARIA DE ESTADO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 1997. *Balço Energético Estadual - 1980-1995*. Rio de Janeiro: CEMEE/ SECTEC.
- SILVA, G. N., 1992. *Varição do Nível Médio do Mar: Causas, Conseqüências e Metodologia de Análise*. Dissertação de mestrado. Programa de Engenharia Oceânica, COPPE. Rio de Janeiro: UFRJ, 93 p.
- SILVA, G. N. e NEVES, C. F., 1991. *Varição do Nível Médio do Mar na Ilha Fiscal entre 1965 e 1986*. In: *Anais IX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos e 5 Simpósio Brasileiro de Hidráulica e Recursos Hídricos*, 11-14 de novembro de 1991. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), v. 3.
- SILVA, J. A., 1999. *Curso de Direito Constitucional Positivo*. São Paulo: Malheiros.
- SILVA, L. L., 1996. *Etanol e Gasolina: Impactos Ambientais e na Saúde - Produção e Uso - Pesquisas do IPT*. In: *Anais do Seminário: O Alcool e a Nova Ordem Econômica Mundial*. Brasília: Frente Parlamentar Sucroalcooleira, p. 60-63.
- SILVEIRA, J. D., 1964. *Morfologia do litoral*. In: DE AZEVEDO, A.(Ed.). *Brasil a terra e o homem*. São Paulo: Cia. Editora Nacional, p. 253-305.
- SMA/SP - SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE, GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1995. *Repensando a SMA*. São Paulo.
- _____, 1997. *A Educação pelo Rodízio*. São Paulo: SMA/CETESB.
- _____, 1997. *Convenção sobre Mudança do Clima*. Coleção Entendendo o Meio Ambiente, v. VI. São Paulo.
- _____, 1997. *Operação Rodízio 96 No Caminho Certo*. São Paulo: SMA/CETESB.
- _____, 1997. *Do Rio às Ruas São Paulo*. São Paulo: SMA/CETESB.
- _____, 1997. *Por um transporte sustentável - documento de discussão pública*. Série Documentos Ambientais. São Paulo: SMA/CETESB.
- _____, 1998. *Relatório da Operação Rodízio 97*. São Paulo: SMA/CETESB.
- _____, 1999. *Relatório da Operação Rodízio 98*. São Paulo: SMA/CETESB.
- SMA/SP - SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE e CEDEC - CENTRO DE ESTUDOS DE CULTURA CONTEMPORÂNEA GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1996. *Operação Rodízio 95* Do Exercício à Cidadania. São Paulo: SMA/CETESB.
- _____, 1997. *Debatendo a Poluição do Ar*. São Paulo: CEDEC.
- SOARES, G. A.; HERSZTBERG, I.; AROUCA, M. C., 1996. *Avaliação Econômica da Utilização de Motores Elétricos Industriais de Indução de Alto Rendimento*. In: *Anais do VII Congresso Brasileiro de Energia*. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, p. 2059-2073.
- SOARES, J. A. e TABOSA, R. P., 1996. *Motores Elétricos: Uma Análise Comparativa de Mercado e Eficiência*. In: *Anais do VII Congresso Brasileiro de Energia*. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, p. 2019-2028.
- SOUZA, J. A. M., 1993. *Energia nuclear para la proteccion del medio ambiente*. Comision Federal de Electricidad - México.
- _____, 1998. *Os rejeitos provenientes de aplicações pacíficas da energia nuclear e o seu gerenciamento*. Eletronuclear.
- _____, 1999. *The past and future role of nuclear power in reducing greenhouse gas emissions in Brazil*. In: International Joint Meeting: *The role of nuclear power to mitigate climate change*. Sociedad Nuclear Mexicana. Latin American Section of ANS. Federation Lationoamericana de Sociedades de Proteccion Radiologica. Sociedad Mexicana de Seguridad Radiologica. Acapulco, 18 a 21 de julho.
- SPITALNIK, J.; LEPECKI W.; SOUZA J. A. M., 1998. *Sustainable energy supply: the case of Brazil*. In: *17th Congress of the World Energy Council*. Houston, 13 a 18 de setembro.
- SPOSITO, E. S., 1991. *O Planejamento da Demanda por Energia Elétrica: Necessidades e Possibilidades de Execução*. Rio de Janeiro: COPPE, M.Sc.
- SPTRANS - SÃO PAULO TRANSPORTE S.A., 1997. *Programa de Qualidade do Transporte Urbano* - Cidade de São Paulo. São Paulo: SPTrans e Transurb.
- SUGUIO, K. e MARTIN, L., 1976. *Brazilian coastline Quaternary formations - The State of São Paulo and Bahia littoral zone evolutive schemes*. In: *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 48 (Suplemento). p. 325-334.
- _____, 1981. *Progress in research on Quaternary sea-level changes and coastal evolution in Brazil*. In: *Proceedings Symposium on Holocene Sea-Level Fluctuations, Magnitude and Causes*. Los Angeles: Dept. Geology, USC, p. 166-181.
- SUGUIO, K.; MARTIN, L., BITTENCOURT, A. C. S .P.; DOMINGUEZ, J. M. L.; FLEXOR, J. M.; AZEVEDO, A. E. G., 1985. *Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário Superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira*. Revista Brasileira de Geociências, 15 (4), p. 273-286.
- SWARCS, A., 1996. *Etanol e Gasolina: Impactos Ambientais e na Saúde - Produção e Uso - Pesquisas da CETESB*. In: *Anais do Seminário: O Alcool e a Nova Ordem*

- Econômica Mundial*. Brasília: Frente Parlamentar Sucroalcooleira, p. 72-77.
- TANAJURA, C. A. S., 1996. *Modeling and analysis of the South American Summer Climate*. Tese de doutorado. University of Maryland.
- TETTI, L., 1996. *Etanol e Gasolina: Questões Econômicas e Sociais*. In: Anais do Seminário: *O Álcool e a Nova Ordem Econômica Mundial*. Brasília: Frente Parlamentar Sucroalcooleira, p. 80-83.
- TITUS, J. (Ed.), 1990. *Changing Climate and the Coast*. Washington, D.C.: U.S. Environmental Protection Agency, 2 v., 396 p. e 508 p.
- TOLMASQUIN, M. T. e SZKLO, A. S. (Coords.), 2000. *A Matriz Energética Brasileira na Virada do Milênio*. Rio de Janeiro: COPPE, UFRJ, ENERGE.
- TOMAZELLI, L. J. e VILLWOCK, A., 1989. *Brasil: evidências de uma provável tendência contemporânea de elevação do nível relativo do mar*. In: *II Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário*. Rio de Janeiro, 10-16 de julho. ÚNICA - UNIÃO CANAVIEIRA DE SÃO PAULO, 1997. *Contraproposta de Acordo sobre Queima da Cana-de-açúcar*. Julho.
- UNFCCC/AGBM/1997/Misc.1/Add. 3, 1997. *Proposed Elements of a Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change*, submitted in May of 1997 in Response to the Berlin Mandate, 30th May 1997, p. 3-57.
- USAID - AGÊNCIA DOS ESTADOS UNIDOS PARA O DESENVOLVIMENTO INTERNACIONAL, 1997. *Caracterização dos Aterros de Lixo no Brasil para Aproveitamento de Gás*. Sumário Executivo.
- VALENTINI, E. e NEVES, C. F., 1993. *Projeto Litoral Rio*. In: *Anais X Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. Gramado, v. 2, p.1-10, 7 a 12 de novembro.
- VALENTINI, E. e ROSMAN, P. C. C., 1993. *Erosão costeira em Fortaleza*. *Revista Brasileira de Engenharia - Caderno de Recursos Hídricos*, 10(1), p. 19-36.
- VASCONCELLOS, E., 1996. *Transporte urbano, espaço e equidade: análise das políticas públicas*. São Paulo: Editoras Unidas.
- VASCONCELOS, E. C. e BECHTLUFFT, P. C. T., 1992. *Conservação de energia na indústria de ferroligas em Minas Gerais*. In: *Balancos energéticos globais e utilidades*. Belo Horizonte: Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, p. 1-14.
- VOLONTE, C. R. e NICHOLLS, R. J., 1994. *Sea-level rise and Uruguay: Potential impacts and responses*. *Journal of Coastal Research*, Special Issue n. 14.
- WALKER, R., 1996a. *Combustível de Biomassa: Produção e Tecnologia - Pesquisas da SWAN Biomass Company*. In: Anais do Seminário: *O Álcool e a Nova Ordem Econômica Mundial*. Brasília: Frente Parlamentar Sucroalcooleira, p. 106-110.
- _____, 1996b. *Etanol e Gasolina: Questões Econômicas e Sociais - Pesquisas da SWAN Biomass Company*. In: Anais do Seminário: *O Álcool e a Nova Ordem Econômica Mundial*. Brasília: Frente Parlamentar Sucroalcooleira, p. 88-91..
- WALTER, A. C. S., 1997. *O Setor Sucroalcooleiro e a Produção de Eletricidade a Partir de Subprodutos da Cana*. Campinas: UNICAMP, mimeo.
- WARRICK, R. A. e OERLEMANS, H., 1990. *Sea-level rise*. In: HOUGHTON, J. T.; JENKINS, G. J.; EPHRAMUS, J. J. (Eds.). *Climate Change: The IPCC Scientific Assessment*. Cambridge: Cambridge University Press, p. 257-281.
- WATSON, R. T.; ZINYOWERA, M. C.; MOSS, R. H.; DOKKEN, D. J. (Eds.), 1996. *Climate Change 1995. Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses*. Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press.
- WCMC - WORLD CONSERVATION MONITORING CENTRE, 1997. *Protected Areas of the World: a Review of National Systems* Federal Republic of Brazil.
- WEHRMAN, C. L., 1996a. *Etanol e Gasolina: Impactos Ambientais e na Saúde - Produção e Uso - Pesquisas da Associação Nacional dos Plantadores do Milho dos EUA*. In: Anais do Seminário: *O Álcool e a Nova Ordem Econômica Mundial*. Brasília: Frente Parlamentar Sucroalcooleira, p. 63-65.
- WEHRMAN, L., 1996b. *Etanol e Gasolina: Questões Econômicas e Sociais - Pesquisas da Associação Nacional dos Plantadores do Milho dos EUA*. In: Anais do Seminário: *O Álcool e a Nova Ordem Econômica Mundial*. Brasília: Frente Parlamentar Sucroalcooleira, p. 83-87.
- WHITELEGG, J., 1993. *Transport for a Sustainable Future - The case for Europe*. London: Belhaven Press.
- _____, 1997. *Critical Mass - Transport, Environment and Society in the Twenty-first Century*. London: Pluto Press and WWF.
- WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION e UNEP - UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 1992. *Urban Air Pollution in Megacities of the World*. Oxford Blackwell Publishers.
- WIEGEL, R., 1964. *Oceanographical Engineering*. New Jersey: Prentice Hall, 532 p.
- WILDMANN, I., 1999. *Crédito Rural: aspectos jurídicos de um sistema de subvenção econômica*. Belo Horizonte: Faculdade de Direito da UFMG.
- WILES, R. e SAVITZ, J., 1997. *Particle Pollution and Sudden Infant Death Syndrome - SIDS*. Policy Memorandum of the Environmental Working Group, mentioned in internal unpublished paper of the SMA. São Paulo.
- WILSON, C. A. e MITCHELL, J. F. B., 1987. *A doubled CO₂ climate sensitivity experiment with a global model including a simple ocean*. *Journal of Geophysical Research*, v. 92, p. 13315-13343.
- WINROCK INTERNATIONAL, 1999. *Trade Guide on Renewable Energy in Brazil*, REPSO.
- WMO - WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION e UNEP - UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 1990. *Climate Change The IPCC Reponse Strategies*. Report Prepared for IPCC by Working Group III. Island Press.
- WORLD BANK com ONURSAL, B. e GAUTAM, S., 1997. *Vehicular Air Pollution Experiences from Seven Latin American Urban Centers*. Technical paper n. 373. Washington, D.C.: World Bank.
- WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. *Our Common Future*. New York: Oxford University, 1990.
- WRI - WORLD RESOURCES INSTITUTE, 1997. *A Guide to the Global Environment The Urban Environment 1996-1997*. Oxford: Oxford University Press.
- WWF - WORLD WILDLIFE FUND/Brasil e ISER - INSTITUTO DE ESTUDOS DA RELIGIÃO, 2001. *Desenvolvimento e Conservação do Meio Ambiente*. Pesquisa de Opinião com Lideranças e a População da Amazônia. Brasília: WWF-Brasil.
- ZALTZMAN, C., PIMENTEL, G.; ACCIOLY, M. I.; CORDEIRO, M. L. R.; COSTA, S. R., 1997. *A Aplicação do Conceito e dos Instrumentos de Marketing aos Projetos do Procel*. Nota técnica. Rio de Janeiro: PROCEL.
- ZYLBERSTAJN, D. e COELHO, S. T., 1992. *Potencial de Geração de Energia Elétrica nas Usinas de Açúcar e Álcool brasileira, através da Gaseificação da Cana e Emprego de Turbina a Gás*. *Revista Brasileira de Energia*, v. 2, p. 53-72.



SITES CONSULTADOS

- ABAL - Associação Brasileira do Alumínio. *Site Oficial da ABAL*. Disponível em: <<http://www.abal.org.br>>. Acesso em: 06 a 08 ago. 2002.
- ABIVIDRO - Associação Técnica Brasileira das Indústrias Automáticas de Vidro. *Site Oficial da Abividro*. Disponível em: <<http://www.abividro.org.br>>. Acesso em: 26 e 27 abr. 2002.
- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. *Site Oficial da ANEEL*. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em: 11 a 14 nov. 2002.
- _____. *Informe do Setor Elétrico*. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em: 03 a 07 dez. 2002.
- _____. *Banco de Informações de Geração*. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em: 21 e 22 ago. 2002.
- ANFAVEA - Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. *Anuário Estatístico da Indústria Automobilística Brasileira*, 2002. Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br>>. Acesso em: 27 nov. 2002.
- BANCO MUNDIAL. *Site oficial do Banco Mundial*. Disponível em: <<http://www.worldbank.org>>. Acesso em: 04, 05, 06, 21, 22 a 25 jun. 2002.
- C A R S A L E . Disponível em: <<http://carsale.uol.com.br/ind.shtml>>. Acesso em: 03 dez. 2002.
- CDIAC - Carbon Dioxide Information Analysis Center. *Site Oficial CDIAC*. Disponível em: <<http://cdiac.esd.ornl.gov/>>. Acesso em: 22 e 23 mar. 2002.
- CEMPRE - Compromisso Empresarial para a Reciclagem. *Site oficial do CEMPRE*. Disponível em: <<http://www.cempre.org.br>>. Acesso em: 18 set. 2002.
- CESPE - Companhia de Energia de São Paulo. *Site Oficial da CESPE*. Disponível em: <<http://www.cesp.com.br>>. Acesso em: 24 e 25 mai. 2002.
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. *Site Oficial da CETESB*. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em: 11, 17 e 30 out. 2002.
- COMGÁS - Companhia de Gás de São Paulo. *Site Oficial da Comgás*. Disponível em: <<http://www.comgas.com.br>>. Acesso em: 10 jul. 2002.
- CPTEC/INPE - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br>>. Acesso em: 15 a 19 jan.; 23 a 24 jul.; e 05 dez. 2002.
- _____. *Previsão do Tempo*. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/%7Eprodutos/shtml/portal/>>. Acesso em: 15 a 19 jan.; 23 a 24 jul.; e 05 dez. 2002.
- _____. *Geadas*. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/geada/>>. Acesso em: 12 a 13 mar e 18 dez. 2002.
- DETR - Department for the Environment, Transport and the Regions - United Kingdom. *Site do Ministério do Meio Ambiente, Transporte e Interior do Governo Britânico*. Disponível em: <<http://www.detr.gov.uk>>. Acesso em: 31 out. 2002.
- EPA - United States Environment Protection Agency. *Site da Agência de Proteção Ambiental Americana: Metano e Programas do Governo*. Disponível em: <<http://epa.gov/methane/>>. Acesso em: 19 e 26 fev. 2002.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United States. *Base de dados estatísticos da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação*. Disponível em: <http://www.fao.org/waicent/portal/statistics_em.asp>. Acesso em: 10, 11, 18 e 19 out. 2002.
- FBMC - Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas. *Site Oficial do FBMC*. Disponível em: <<http://www.forumclimabr.org.br>>. Acesso em: 17 out. 2002.
- GEIPOT - EMPRESA BRASILEIRA DE PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES. *Site Oficial do GEIPOT*. Disponível em: <<http://www.geipot.gov.br>>. Acesso em: 25 out. 2002.
- Grupos de trabalho temáticos na União Européia (DGXI sobre transportes) Disponível em: <<http://europa.eu.int>>. Acesso em: 04 nov. 2002.
- IAI - Instituto Interamericano para Pesquisas em Mudanças Globais. *Site Oficial do IAI*. Disponível em: <<http://www.iai.int>>. Acesso em: 14 mai. 2002.
- IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. *Site Oficial do Ibama*. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br>>. Acesso em: 27 a 31 ago; 03 a 07 set. 2002.
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Site oficial do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch>>. Acesso em: 01 fev.; 20 a 23 ago. 2002.
- LBA - Large Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazonia. *Site do Experimento de Grande Escala da Biosfera - Atmosfera na Amazônia*. Disponível em: <<http://lba.cptec.inpe.br/lba/index.html>>. Acesso em: 29 out. 2002.
- MCT - Ministério da Ciência e Tecnologia. *Site sobre Mudança do Clima*. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/clima>>. Acesso em: 08 mai.; 11 junh e 25 jul. 2002.
- _____. Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT. *Emissões de Gases de Efeito Estufa Provenientes da Queima da Cana-de-Açúcar, 1998* <http://www.mct.gov.br/clima>
- MEC - Ministério da Educação. *Site da Coordenação de Educação Ambiental - COEA*. Disponível em: <<http://www.mec.gov.br/sef/ambiental/default.shtm>>. Acesso em: 04 set. 2002.
- _____. *Educação Ambiental Documentos de Referência*. Disponível em: <<http://www.mec.gov.br/sef/ambiental/docrefer.shtm>>. Acesso em: 09 set. 2002.
- _____. *Educação Ambiental Ações*. Disponível em: <<http://www.mec.gov.br/sef/ambiental/acoes.shtm>>. Acesso em: 27 set. 2002.
- _____. Política Nacional de Educação Ambiental. Disponível em: <<http://www.mec.gov.br/sef/ambiental/pnea.shtm>>. Acesso em: 30 ago. 2002.
- MMA - Ministério do Meio Ambiente. *Site Oficial do MMA*. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 21 a 25 mai; 11 a 13 jun.; 08 a 10 out.; e 27 a 30 nov. 2002.
- _____. *Agenda 21*. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/por/se/agen21/capa/>>. Acesso em: 15 ago. 2002.
- MME - Ministério das Minas e Energia. *Site Oficial do MME*. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em: 23 a 25 jul.; 13 ago.; 05 a 09 nov. 2002.
- _____. *Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica*. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/Proinfra/default.asp>>. Acesso em: 21 jun. 2002.
- OECD - Organização para Cooperação Econômica e Desenvolvimento. *Site Oficial da OECD*. Disponível em: <<http://www.oecd.org>>. Acesso em: 20 fev. 2002.
- PIRATA - Rede Piloto de Pesquisa no Atlântico Tropical PIRATA. Site oficial do programa. Disponível em:

- <<http://www.pmel.noaa.gov/pirata>>. Acesso em: 04 mar. 2002.
- PNUMA - Programa das Nações Unidas Sobre Meio Ambiente. Site oficial do PNUMA. Disponível em: <<http://www.unep.org>>. Acesso em: 15 ago. 2002.
- PPG-7 - Programa Piloto para Proteção das Florestas Tropicais do Brasil. Site Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/prog/ppg7/Default.htm>>. Acesso em: 20 a 22 fev. 2002.
- PREVFOGO - Sistema Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais. *Site Oficial do Prevfogo*. Disponível em: <<http://www.prevfogo.hpg.ig.com.br>>. Acesso em: 27 e 28 jun. 2002.
- PROARCO - Programa de Prevenção e Controle de Queimadas e Incêndios Florestais na Amazônia Legal. Disponível em: <<http://www2.ibama.gov.br/proarco/>>. Acesso em: 23 jul. 2002.
- PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. Site Oficial do Procel. Disponível em: <<http://www.eletrobras.gov.br/procel/>>. Acesso em: 10 abr. 2002.
- PROCONVE - Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores. Site Oficial do Proconve: Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/proconve/home.htm>>. Acesso em: 18 a 19 set. 2002.
- PRODES - Projeto de Estimativa do Desflorestamento Bruto da Amazônia Brasileira. Site oficial do PRODES. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes/>>. Acesso em: 16 mai e 24 out. 2002.
- Programa Brasileiro de Reciclagem. Disponível em: <<http://www.reciclagem.ibict.br>>. Acesso em: 16 abr. 2002.
- SEADE - Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. Boletim de Acompanhamento da Demanda da Força de Trabalho Agrícola no Estado de São Paulo e no Brasil. Disponível em: <<http://www.seade.gov.br>>. Acesso em: 29, 30 e 31 jan. 2002.
- SEMA/SP - Secretaria Estadual do Meio Ambiente, Governo do Estado de São Paulo. *Site Oficial da SEMA/SP*. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br>>. Acesso em: 16 a 19 out. 2002.
- SIMEGO - Sistema de Meteorologia e Recursos Hídricos do Estado de Goiás. *Site Oficial do SIMEGO*. Disponível em: <<http://www.simego.sectec.go.gov.br>>. Acesso em: 12 set. 2002.
- SIMEPAR - Sistema Meteorológico do Paraná. *Site Oficial do SIMEPAR* Disponível em: <<http://www.simepar.br>>. Acesso em: 10 set. 2002.
- SIMERJ - Sistema de Meteorologia do Estado do Rio de Janeiro. *Site Oficial do SIMERJ*. Disponível em: <<http://www.simerj.rj.gov.br>>. Acesso em: 10 set. 2002.
- SIMGE - Sistema de Meteorologia e Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais. *Site Oficial do SIMGE*. Disponível em: <<http://www.2xr.com.br/simge>>. Acesso em: 16 set. 2002.
- UNFCCC - United Nations Framework Convention on Climate Change. *Site Oficial da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima*. Disponível em: <<http://unfccc.int>>. Acesso em: 15 fev.; 02 a 04 mai.; 06 jul.; 24 out.; 20 nov. 2002.

Agradecimentos

Expressamos nossa mais profunda gratidão ao Prof. José Israel Vargas, Ministro de Estado da Ciência e Tecnologia, de 1992 a 1999, por compartilhar conosco seus conhecimentos e suas idéias sobre as questões da mudança do clima e por sua incessante orientação e seu constante incentivo, ao Dr. Luiz Gylvan Meira Filho, pela coordenação, desde seu início em 1994 até 2002, e orientação de todo o trabalho da Comunicação Nacional para a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima.

Estendemos nosso agradecimento ao Prof. Luiz Carlos Bresser Pereira, Ministro de Estado da Ciência e Tecnologia, de janeiro a julho de 1999, 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.

Agradecemos à equipe administrativa do GEF e do PNUD e do U.S. Country Studies e, em particular algumas pessoas muito especiais sem as quais a realização deste trabalho não teria sido possível: Emma Torres, Richard Hosier, Vesa Rutanen e Rose Diegues, todos do PNUD/Nova York à época; Cristina Montenegro, por seu apoio e incentivo em todos os momentos, quando então na função, e Carlos Castro, ambos do escritório do PNUD no Brasil; e Jack Fitzgerald e Robert K. Dixon, do U.S. Country Studies Program, que propiciaram o encaminhamento dos estudos no âmbito do programa então existente. A todas essas pessoas, por sua liderança neste processo, nosso mais sincero agradecimento.

A realização deste trabalho contou, parcialmente, com o apoio financeiro e administrativo do:

Fundo Global para o Meio Ambiente - GEF Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD

Projeto BRA/95/G31

SCN Quadra 02 Bloco A - Ed. Corporate Center 7º Andar
70712-901 - Brasília - DF
Telefone: 61-329-2000
Fax: 61-329-2099
e-mail: registry@undp.org.br
<http://www.undp.org.br>

U.S. Country Studies Program

PO-2, Room GP-196
1000 Independence Avenue, SW
Washington, D.C. 20585 USA
Telefone: (1 202) 426-1628
Fax: (1 202) 426-1540/1551
e-mail: csmt@igc.apc.org
html <http://www.gcric.org/CSP/Webpage.html>

Programa Plurianual de Atividades do Governo Federal (2000-2003); (2004)

Programa Mudanças Climáticas

O trabalho contou ainda com o apoio financeiro de:

Centrais Elétricas Brasileiras S.A.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA

Os trechos das músicas utilizados nesta publicação foram gentilmente cedidos por:

Obra: "Futuros Amantes" de Chico Buarque
By 1984 Marola Edições Musicais LTDA - 100%
Todos os Direitos Reservados

"Sabiá" (Tom Jobim/Chico Buarque)
Direitos Reservados à Jobim Music e Grupo Editorial Arlequim

"Sobradinho"
(Sá-Guarabyra)
© 1997 - Sigem Globo de Edições Musicais LTDA