

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



*Brasília 2010*



# REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

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

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

**SECRETÁRIO EXECUTIVO**  
LUIZ ANTONIO RODRIGUES ELIAS

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

**SECRETÁRIO EXECUTIVO DA COMISSÃO INTERMINISTERIAL DE MUDANÇA GLOBAL DO CLIMA**  
JOSÉ DOMINGOS GONZALEZ MIGUEZ



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



**Coordenação-Geral de Mudanças Globais do Clima  
Ministério da Ciência e Tecnologia  
Brasília, 2010**



# EQUIPE MCT

## EXEMPLARES DESTA PUBLICAÇÃO PODEM SER OBTIDOS NO:

Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT  
Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento - SEPED  
Coordenação-Geral de Mudanças Globais do Clima - CGMC  
Esplanada dos Ministérios Bloco E 2º andar Sala 268 CEP: 70067-900 - Brasília - DF  
Telefone: 61 3317-7923 e 3317-7523 Fax: 61 3317-7657  
Email: cpmg@mct.gov.br Página de internet: <http://www.mct.gov.br/clima>

## COORDENADOR DA COMUNICAÇÃO NACIONAL

JOSÉ DOMINGOS GONZALEZ MIGUEZ  
ADRIANO SANTHIAGO DE OLIVEIRA - COORDENADOR SUBSTITUTO

## ASSISTENTES

ELISANGELA RODRIGUES SOUSA  
JERÔNIMA DE SOUZA DAMASCENO  
CÍCERA THAIS SILVA LIMA

## COORDENADOR TÉCNICO DO SEGUNDO INVENTÁRIO BRASILEIRO DE EMISSÕES ANTRÓPICAS POR FONTES E REMOÇÕES POR SUMIDOUROS DE GASES DE EFEITO ESTUFA

NEWTON PACIORNIK  
MAURO MEIRELLES DE OLIVEIRA SANTOS - COORDENADOR SUBSTITUTO

## EQUIPE

ANA CAROLINA AVZARADEL  
DANIELLY GODIVA SANTANA DE SOUZA  
MÁRCIA DOS SANTOS PIMENTA  
MAYRA BRAGA ROCHA  
RICARDO LEONARDO VIANNA RODRIGUES

## COORDENADOR TÉCNICO DE CIRCUNSTÂNCIAS NACIONAIS, DAS PROVIDÊNCIAS PREVISTAS OU TOMADAS, E DE OUTRAS INFORMAÇÕES RELEVANTES PARA A IMPLEMENTAÇÃO DA CONVENÇÃO

HAROLDO DE OLIVEIRA MACHADO FILHO  
RENATO DE ARAGÃO RIBEIRO RODRIGUES - COORDENADOR SUBSTITUTO

## EQUIPE

MÔNICA DE OLIVEIRA SANTOS DA CONCEIÇÃO  
SONIA REGINA MUDROVITSCH DE BITTENCOURT

## COORDENADOR ADMINISTRATIVO

MARCOS WILLIAN BEZERRA DE FREITAS

## EQUIPE

CLAUDIA SAYURI MIYAKI  
JULIANA PATRÍCIA GOMES PEREIRA  
JULIANA GOMES DOS SANTOS ANDRADE

## EQUIPE DE INFORMÁTICA

HENRIQUE SILVA MOURA  
PEDRO GABRIEL PICANÇO MONTEJO  
PEDRO RENATO BARBOSA  
RODRIGO ALBUQUERQUE LOBO

## EDIÇÃO FINAL

EAGLES MUNIZ ALVES







MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

ESPLANADA DOS MINISTÉRIOS, BLOCO E

FONE: 55 (61) 3317-7500

FAX: 55 (61) 3317-7657

*Site:* <http://www.mct.gov.br>

CEP: 70.067-900 – Brasília – DF



# ÍNDICE GERAL

## VOLUME I

PARTE I .....	57
1 PRIORIDADES DE DESENVOLVIMENTO NACIONAL E REGIONAL .....	64
1.1 Caracterização do Território .....	64
1.2 Clima do Brasil .....	70
1.3 Economia .....	73
1.4 Desenvolvimento Social .....	76
1.5 Resumo das Circunstâncias Nacionais .....	92
2 MERCOSUL .....	96
2.1 Antecedentes, Objetivos e Características Principais .....	96
2.2 Estrutura Institucional .....	96
2.3 Indicadores Básicos do Mercosul .....	96
3 ARRANJOS INSTITUCIONAIS RELEVANTES PARA A ELABORAÇÃO DA COMUNICAÇÃO NACIONAL EM BASES PERMANENTES .....	100
3.1 Marco Institucional .....	100
4 CIRCUNSTÂNCIAS ESPECIAIS .....	106
4.1 Biomas Brasileiros .....	106
4.2 Regiões de Ecossistemas Frágeis .....	114
4.3 Desertificação .....	115
4.4 Áreas de Alta Poluição Atmosférica Urbana .....	118
4.5 Dependência Externa de Petróleo e de seus Derivados .....	119
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	121
PARTE II .....	127
1 INTRODUÇÃO .....	134
1.1 Gases de Efeito Estufa .....	134
1.2 Setores Inventariados .....	134
2 SUMÁRIO DAS EMISSÕES ANTRÓPICAS E REMOÇÕES POR SUMIDOUROS DE GASES DE EFEITO ESTUFA POR GÁS .....	140
2.1 Emissões de Dióxido de Carbono .....	140
2.2 Emissões de Metano .....	142
2.3 Emissões de Óxido Nitroso .....	144
2.4 Emissões de Hidrofluorcarbonos, Perfluorcarbonos e Hexafluoreto de Enxofre .....	146
2.5 Gases de Efeito Estufa Indireto .....	147
3 EMISSÕES ANTRÓPICAS POR FONTES E REMOÇÕES POR SUMIDOUROS DE GASES DE EFEITO ESTUFA POR SETOR .....	157
3.1 Energia .....	157
3.2 Processos Industriais .....	185
3.3 Uso de Solventes e Outros Produtos .....	205

3.4 Agropecuária.....	211
3.5 Mudança do Uso da Terra e Florestas .....	225
3.6 Tratamento de Resíduos.....	252
4 INCERTEZA DAS ESTIMATIVAS.....	260
4.1 Incerteza das Estimativas de Emissões e Remoções de CO <sub>2</sub> .....	260
4.2 Incerteza das Estimativas de Emissões de CH <sub>4</sub> .....	261
4.3 Incerteza das Estimativas de Emissões de N <sub>2</sub> O .....	261
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	262
5 ANEXO: ESTIMATIVAS DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA POR GÁS E SETOR, DE 1990 A 2005.....	270

## VOLUME II

PARTE III.....	291
A. PROGRAMAS CONTENDO MEDIDAS REFERENTES À MITIGAÇÃO À MUDANÇA DO CLIMA.....	300
1 PROGRAMAS E AÇÕES RELACIONADOS AO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL .....	300
1.1 O Etanol de Cana-de-Açúcar no Brasil .....	300
1.2 Programa Brasileiro de Biocombustíveis – Pro-biodiesel .....	309
1.3 Programas de Conservação de Energia .....	314
1.4 Contribuição da Geração Hidrelétrica para a Redução das Emissões de Gases de Efeito Estufa .....	321
1.5 Situação e Perspectivas das Novas Fontes Renováveis de Energia no Brasil.....	322
1.6 Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica – Programa Luz para Todos.....	333
1.7 Hidrogênio .....	334
1.8 Reciclagem.....	336
1.9 O Uso do Carvão Vegetal na Indústria .....	338
2 PROGRAMAS E AÇÕES QUE CONTÊM MEDIDAS QUE CONTRIBUEM PARA MITIGAR A MUDANÇA DO CLIMA E SEUS EFEITOS ADVERSOS .....	344
2.1 Papel do Gás Natural na Redução das Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil .....	344
2.2 Programas no Estado de São Paulo para Redução das Emissões Veiculares no Transporte Urbano .....	348
2.3 O Papel da Energia Nuclear na Redução das Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil.....	350
3 INTEGRAÇÃO DAS QUESTÕES SOBRE MUDANÇA DO CLIMA NO PLANEJAMENTO DE MÉDIO E LONGO PRAZOS .....	354
3.1 Legislação Ambiental Brasileira .....	354
3.2 Agenda 21 Brasileira .....	355



3.3	Plano Nacional sobre Mudança do Clima.....	356
3.4	Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC.....	357
3.5	Política de Ciência, Tecnologia e Inovação - CT&I e Mudança do Clima.....	358
3.6	Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar – Pronar.....	360
3.7	Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores – Proconve.....	361
3.8	Plano Nacional de Logística e Transportes - PNLT .....	367
3.9	Medidas contra o Desflorestamento na Amazônia .....	368
3.10	Programa de Monitoramento da Amazônia por Sensoriamento Remoto .....	378
3.11	O Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC.....	385
3.12	Prevenção de Incêndios e Queimadas.....	390
3.13	Cidades pela Proteção do Clima .....	394
3.14	Medidas de Caráter Financeiro e Tributário.....	395
4	AS ATIVIDADES DE PROJETO NO ÂMBITO DO MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO - MDL NO BRASIL .....	406
4.1	Número de Atividades de Projeto.....	406
4.2	Potencial de Redução de Emissões para o Primeiro Período de Obtenção de Créditos.....	406
4.3	Potencial de Redução Anual de Emissões para o Primeiro Período de Obtenção de Créditos.....	407
4.4	Distribuição das Atividades de Projeto no Brasil por Tipo de Gás de Efeito Estufa....	407
4.5	Distribuição das Atividades de Projeto no Brasil por Escopo Setorial.....	408
4.6	Distribuição dos Projetos Registrados no Conselho Executivo do MDL.....	408
4.7	Capacidade Instalada (MW) das Atividades de Projeto do MDL Aprovadas na AND.....	408
B.	PROGRAMAS CONTENDO MEDIDAS PARA FACILITAR ADEQUADA ADAPTAÇÃO À MUDANÇA DO CLIMA.....	412
1	PROGRAMA DE MODELAGEM DE CENÁRIOS FUTUROS DE MUDANÇA DO CLIMA.....	412
1.1	O Modelo Eta-CPTEC .....	416
1.2	O Modelo Brasileiro do Sistema Climático Global - MBSCG.....	417
2	EFEITOS DA MUDANÇA GLOBAL DO CLIMA NOS ECOSISTEMAS MARINHOS E TERRESTRES .....	419
2.1	Região Semiárida.....	419
2.2	Áreas Urbanas .....	421
2.3	Zona Costeira.....	423
2.4	Saúde Humana.....	426
2.5	Energia e Recursos Hídricos .....	429
2.6	Florestas .....	432
2.7	Agropecuária.....	433
2.8	Prontidão para Desastres.....	439
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	442

PARTE IV .....	451
1 TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA.....	458
1.1 Necessidades Tecnológicas em Relação à Energia.....	458
1.2 Cooperação Sul-Sul .....	462
1.3 Principais Iniciativas e Indicação de Políticas de Ciência, Tecnologia e Inovação relativas à Vulnerabilidade, Impactos e Adaptação .....	463
2 PESQUISA E OBSERVAÇÃO SISTEMÁTICA.....	472
2.1 Programas Mundiais de Clima.....	472
2.2 Programa Pirata .....	474
2.3 Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia - LBA .....	475
2.4 Modelagem Climática sobre a América do Sul Utilizando o Modelo Regional Eta para Previsão de Tempo, Clima e Projeções de Cenários de Mudança do Clima.....	478
2.5 Programa Antártico Brasileiro - Proantar.....	480
2.6 Modelo Simplificado de Mudança do Clima.....	481
3 EDUCAÇÃO, TREINAMENTO E CONSCIENTIZAÇÃO PÚBLICA .....	486
3.1 Conscientização no Brasil sobre as Questões Relativas à Mudança do Clima .....	486
3.2 Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas.....	488
3.3 Programas de Educação em Conservação de Energia Elétrica e Uso Racional de Derivados de Petróleo e Gás Natural .....	488
4 FORMAÇÃO DE CAPACIDADE NACIONAL E REGIONAL .....	494
4.1 Instituto Interamericano para Pesquisas em Mudanças Globais - IAI .....	494
4.2 Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima - IPCC .....	496
4.3 Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas - PBMC.....	497
4.4 Rede Brasileira de Pesquisa sobre Mudanças Climáticas Globais - Rede Clima .....	498
4.5 Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia - INCT para Mudanças Climáticas.....	499
4.6 Centro de Previsão de Tempo e Estudos do Clima - CPTEC / INPE .....	499
4.7 Centro de Ciência do Sistema Terrestre - CCST / INPE .....	500
4.8 Treinamento sobre Modelagem de Cenários Regionais Futuros de Mudança do Clima para Países da América Latina e Caribe .....	500
4.9 Análises de Impactos Econômicos da Mudança do Clima no Brasil .....	501
4.10 Cooperação Sul-Sul sobre Questões relacionadas à Mudança do Clima.....	504
5 INFORMAÇÃO E FORMAÇÃO DE REDE .....	508
5.1 Intercâmbio de informações .....	508
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	510
PARTE V .....	513
1 DIFICULDADES FINANCEIRAS, TÉCNICAS E DE CAPACITAÇÃO PARA A EXECUÇÃO DA COMUNICAÇÃO NACIONAL .....	518





# PARTE 3





# PART 3

# ÍNDICE

A. PROGRAMAS CONTENDO MEDIDAS REFERENTES À MITIGAÇÃO À MUDANÇA DO CLIMA .....	300
1 PROGRAMAS E AÇÕES RELACIONADOS AO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.....	300
1.1 Etanol de Cana-de-Açúcar no Brasil .....	300
1.1.1 Perspectivas para o Etanol .....	303
1.1.2 Aspectos Econômicos do Etanol .....	304
1.2 Programa Brasileiro de Biocombustíveis – Pro-Biodiesel.....	309
1.3 Programas de Conservação de Energia .....	314
1.3.1 Programas Governamentais de Conservação de Energia .....	314
1.4 Contribuição da Geração Hidrelétrica para a Redução das Emissões de Gases de Efeito Estufa .....	321
1.5 Situação e Perspectivas das Novas Fontes Renováveis de Energia no Brasil .....	322
1.6 Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica – Programa Luz para Todos. ....	333
1.7 Hidrogênio .....	334
1.7.1 ProH <sub>2</sub> - Programa de Ciência, Tecnologia e Inovação para a Economia do Hidrogênio .....	334
1.7.2 Projetos de Ônibus Brasileiro a Hidrogênio .....	335
1.8 Reciclagem.....	336
1.9 O Uso do Carvão Vegetal na Indústria .....	338



2 PROGRAMAS E AÇÕES QUE CONTÊM MEDIDAS QUE CONTRIBUEM  
PARA MITIGAR A MUDANÇA DO CLIMA E SEUS EFEITOS ADVERSOS..... 344

2.1 Papel do Gás Natural na Redução das Emissões de Gases de  
Efeito Estufa no Brasil..... 344

2.1.1 A Trajetória e e Participação do Gás Natural na Matriz  
Energética Brasileira ..... 344

2.1.2 Perspectivas de Utilização do Gás Natural .....345

2.1.3 Comparação de Emissões de Gases de Efeito Estufa de  
Termelétricas a Gás Natural e a Outros Combustíveis Fósseis..... 346

2.1.4 Programas da Petrobras para Melhorar o Aproveitamento do Gás  
Natural na Bacia de Campos .....347

2.1.5 Redução das Emissões Fugitivas de Metano na Distribuição do Gás  
Natural em São Paulo ..... 348

2.2 Programas no Estado de São Paulo para Redução das Emissões  
Veiculares no Transporte Urbano ..... 348

2.2.1 Operação Inverno .....349

2.2.2 Monitoramento da Qualidade do Ar .....349

2.2.3 Operação Rodízio ..... 350

2.3 O Papel da Energia Nuclear na Redução das Emissões de Gases de  
Efeito Estufa no Brasil..... 350

2.3.1 O Setor Energético Brasileiro e a Energia Nuclear ..... 350

2.3.2 Aspecto Institucional do Setor Nuclear..... 350

2.3.3 A Contribuição da Energia Nuclear na Redução das  
Emissões de Gases de Efeito Estufa .....351

3	INTEGRAÇÃO DAS QUESTÕES SOBRE MUDANÇA DO CLIMA NO PLANEJAMENTO DE MÉDIO E LONGO PRAZOS .....	354
3.1	Legislação Ambiental Brasileira .....	354
3.2	Agenda 21 Brasileira .....	355
3.3	Plano Nacional sobre Mudança do Clima.....	356
3.4	Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC .....	357
3.5	Política de Ciência, Tecnologia e Inovação - CT&I e Mudança do Clima.....	358
3.5.1	Plano de Ação 2007-2010: Ciência, Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento Nacional e Mudança do Clima .....	358
3.5.2	Programa de Meteorologia e Mudanças Climáticas no Âmbito do Plano Plurianual (2008-2011) do Governo Federal .....	359
3.6	Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar - Pronar.....	360
3.7	Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores - Proconve.....	361
3.7.1	Inspeção e Manutenção Veicular .....	366
3.7.2	Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similares - Promot .....	366
3.8	Plano Nacional de Logística e Transportes - PNLT .....	367
3.9	Medidas Contra o Desflorestamento na Amazônia.....	368
3.9.1	Principais Causas do Desflorestamento.....	368
3.9.2	Medidas Contra o Desflorestamento .....	372
3.10	Programa de Monitoramento da Amazônia por Sensoriamento Remoto .....	378
3.10.1	Projeto de Estimativa do Desflorestamento Bruto da Amazônia Brasileira - Prodes .....	378
3.10.2	Sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real - Deter .....	382
3.10.3	Mapeamento da Degradação Florestal da Amazônia Brasileira - Degrad .....	383
3.10.4	Monitoramento de Queimadas.....	384
3.11	O Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC.....	385



3.12	Prevenção de Incêndios e Queimadas.....	390
3.12.1	Programa de Prevenção e Controle de Queimadas e Incêndios Florestais no Arco do Desflorestamento – Proarco .....	390
3.12.2	Sistema Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais - PREVFOGO .....	391
3.12.3	Proibição da Queimada na Colheita de Cana-de-Açúcar no Estado de São Paulo.....	392
3.13	Cidades pela Proteção do Clima .....	394
3.14	Medidas de Caráter Financeiro e Tributário.....	395
3.14.1	Responsabilidade Ambiental dos Bancos .....	395
3.14.2	ICMS Ecológico .....	399
3.14.3	Fundo Nacional Sobre Mudança do Clima – FNMC .....	400
3.14.4	O Fundo Amazônia .....	401
4	AS ATIVIDADES DE PROJETO NO ÂMBITO DO MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO - MDL NO BRASIL.....	406
4.1	Número de Atividades de Projeto.....	406
4.2	Potencial de Redução de Emissões para o Primeiro Período de Obtenção de Créditos .....	406
4.3	Potencial de Redução Anual de Emissões para o Primeiro Período de Obtenção de Créditos.....	407
4.4	Distribuição das Atividades de Projeto no Brasil por Tipo de Gás de Efeito Estufa.....	407
4.5	Distribuição das Atividades de Projeto no Brasil por Escopo Setorial.....	408
4.6	Distribuição dos Projetos Registrados no Conselho Executivo do MDL.....	408
4.7	Capacidade Instalada (MW) das Atividades de Projeto do MDL Aprovadas na AND .....	408

B. PROGRAMAS CONTENDO MEDIDAS PARA FACILITAR ADEQUADA  
ADAPTAÇÃO À MUDANÇA DO CLIMA..... 412

1 PROGRAMA DE MODELAGEM DE CENÁRIOS FUTUROS DE  
MUDANÇA DO CLIMA ..... 412

1.1 O Modelo Eta-CPTEC ..... 416

1.2 O Modelo Brasileiro do Sistema Climático Global - MBSCG..... 417

2 EFEITOS DA MUDANÇA GLOBAL DO CLIMA NOS ECOSISTEMAS  
MARINHOS E TERRESTRES ..... 419

2.1 Região Semiárida..... 419

2.2 Áreas Urbanas ..... 421

2.3 Zona Costeira..... 423

2.4 Saúde Humana ..... 426

2.5 Energia e Recursos Hídricos..... 429

2.6 Florestas ..... 432

2.7 Agropecuária..... 433

2.7.1 Infraestrutura de Pesquisa sobre as Interações entre  
Mudança do Clima e a Agricultura..... 433

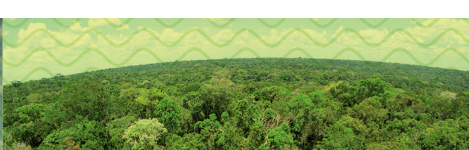
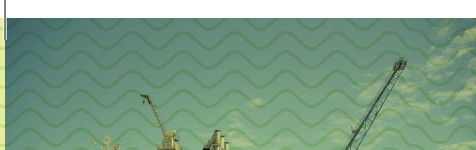
2.8 Prontidão para Desastres..... 439

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 442









# SEÇÃO A

PROGRAMAS CONTENDO MEDIDAS  
REFERENTES À MITIGAÇÃO DA  
MUDANÇA DO CLIMA

## Capítulo 1

Programas Contendo Medidas Referentes  
à Mitigação da Mudança do Clima



## A. PROGRAMAS CONTENDO MEDIDAS REFERENTES À MITIGAÇÃO DA MUDANÇA DO CLIMA

### 1 Programas e ações relacionados ao desenvolvimento sustentável

Alguns dos programas e ações relacionados ao 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 comparativamente “limpa”, com baixos níveis de emissões de gases de efeito estufa por unidade de energia produzida ou consumida.

Dentre os programas relacionados ao desenvolvimento sustentável, destacam-se a produção de etanol de cana-de-açúcar e biodiesel como combustíveis veiculares. Essas práticas representam para o Brasil opções extremamente viáveis e sustentáveis ao consumo de combustíveis fósseis, para mitigar as emissões de gases de efeito estufa, gerar renda, criar empregos e promover o desenvolvimento e transferência de tecnologia, ao mesmo tempo que fortalece a integridade ambiental do país.

O etanol de cana-de-açúcar é atualmente a opção de biomassa energética de maior produtividade por unidade de área e de melhor balanço energético, que é a razão entre a energia produzida (etanol e energia mecânica, térmica e elétrica) e a energia fóssil consumida na cadeia produtiva (CGEE, 2009).

O setor elétrico brasileiro assume características especiais, não só como um dos maiores produtores mundiais de energia hidrelétrica, mas também pela excepcional participação da hidreletricidade no atendimento de seus requisitos de energia elétrica. Apesar de apenas cerca de 36% do potencial hidrelétrico nacional estimado ter sido aproveitado, cerca de 85% da eletricidade brasileira foi gerada por usinas hidrelétricas em 2009.

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, o Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás

Natural, criado em 1991, e o Programa Nacional de Iluminação Pública Eficiente – Reluz, criado em 2000.

Além disso, grandes avanços estão sendo feitos na área de geração de energia por outras fontes renováveis, o que promove reduções nas emissões de gases de efeito estufa e possui um enorme potencial para o desenvolvimento de atividades de projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL.

#### 1.1 O Etanol de Cana-de-Açúcar no Brasil

##### *Histórico do Álcool como combustível*

A história dos biocombustíveis no Brasil foi predominantemente marcada pela ascensão, queda e ressurgimento da indústria sucroalcooleira. Mesmo após séculos de convívio com a agroindústria canavieira, somente no século XX o Brasil descobre no etanol 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 etanol como combustível. No entanto, apenas em meados da década de 1970 criaram-se bases para uma intensificação do uso do etanol combustível.

O Proalcool, lançado em 1975, foi uma resposta do país à alta dos preços do petróleo e à queda do preço externo do açúcar. A injeção de recursos oriundos de financiamento internacionais e nacionais, bem como incentivos fiscais, impulsionou rapidamente a indústria sucroalcooleira e foi responsável pela diminuição da dependência brasileira do petróleo importado.

##### *Evolução do Programa Nacional do Álcool - Proalcool*

O Proalcool foi criado em 14 de novembro de 1975<sup>53</sup>, 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.

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. A participação brasileira na produção mundial de açúcar é superior a 20%. Entretanto, tal mercado é volátil e apresenta grandes oscilações de preços.

53 Decreto nº 76.593, 14 de novembro de 1975. Decreto nº 76.593, 14 de novembro de 1975.

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.

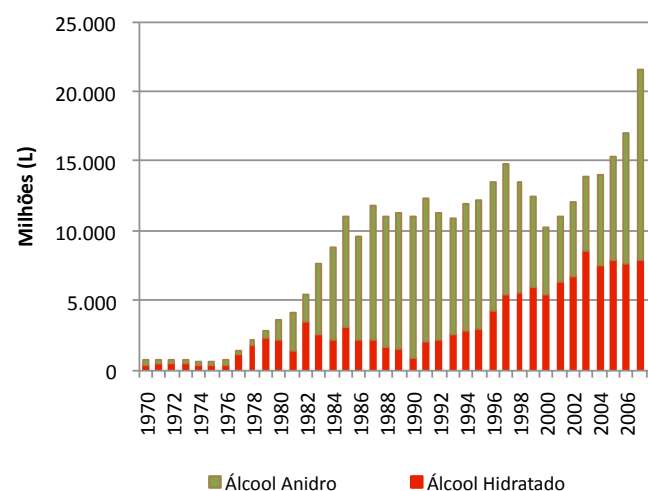
Para a implementação do Proalcool, foi estabelecido, em um primeiro instante, um processo de transferência de recursos arrecadados a partir de parcelas dos preços da gasolina, diesel e lubrificantes para compensar os custos de produção do álcool, de modo a viabilizá-lo como combustível. Foi também estabelecido um mecanismo de fixação de preços que buscava tornar economicamente indiferente para os produtores tanto a produção de açúcar como a de álcool anidro. O Instituto do Açúcar e do Alcool era responsável pela fixação dos preços de ambos os produtos. Assim, foi estabelecida uma relação de paridade de preços entre o álcool 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, adotaram-se políticas de preços relativos entre o álcool hidratado combustível e a gasolina, nos postos de revenda, de forma a estimular o uso do combustível renovável.

#### *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

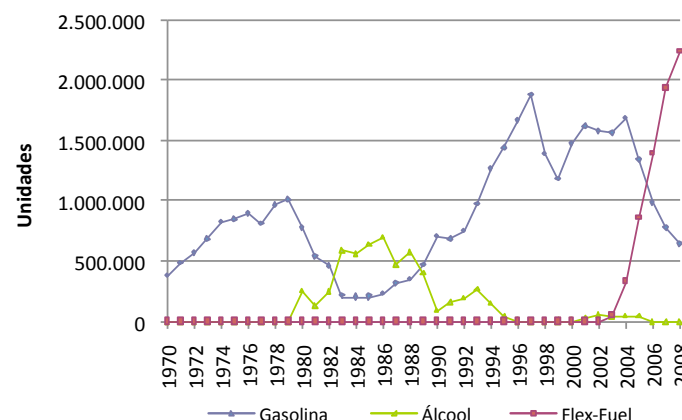
representar 46% da pauta de importações brasileiras em 1980. O Governo, então, resolveu adotar medidas para a plena implementação do Proalcool. Foram criados organismos como o Conselho Nacional do Alcool - CNAL e a Comissão Executiva Nacional do Alcool - CENAL para agilizar o programa. A produção alcooleira 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 1.1 Evolução da Produção de Etanol (em milhões de litros) - 1970 a 2007**



Fonte: BRASIL, 1986; BRASIL, 1990; BRASIL, 2001; BRASIL, 2008.

**Figura 1.2 Produção de veículos leves (em unidades)**



Fonte: Anfavea, 2009.



### ***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 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 etanol 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.

Embora o programa tenha tido grande sucesso nas décadas de 1970 e 1980, a crise de abastecimento de etanol no fim dos anos 1980, juntamente com a redução de estímulos à sua produção e uso, provocaram, nos anos seguintes, um significativo decréscimo da demanda e, conseqüentemente, das vendas de automóveis movidos por esse combustível.

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 veícu-

los 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 metanol<sup>54</sup> para garantir o abastecimento do mercado ao longo da década de 1990.

### ***Fase de Redefinição (1995-2000)***

Os mercados de etanol combustível, tanto anidro quanto hidratado, encontravam-se liberados em todas as suas fases – produção, distribuição e revenda – sendo os seus preços determinados pelas condições de oferta e demanda. Com o intuito de direcionar políticas para o setor sucroalcooleiro, foi criado<sup>55</sup> o Conselho Interministerial do Açúcar e do Alcool – 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, provocou um debate entre especialistas da área econômica, contrários aos incentivos, e os especialistas da área ambiental, favoráveis aos incentivos ao uso do etanol. A Lei 10.464, de 2002, estabeleceu um percentual mínimo entre 20% e 25% de etanol anidro na gasolina.

### ***Fase Atual***

Mais de trinta anos depois do início do Proalcool, o Brasil vive uma nova expansão dos canaviais com o objetivo de oferecer, em grande escala, o combustível alternativo. O plantio avança além das áreas tradicionais, do interior paulista e da região Nordeste, e espalha-se por áreas antes ocupadas por pastagens. A nova escalada não é um movimento comandado pelo Governo, como a ocorrida no final da década de 1970, quando o Brasil encontrou no etanol a solução para enfrentar o aumento abrupto dos preços do petróleo que importava. A corrida para ampliar unidades e construir novas usinas é movida por decisões da iniciativa privada, convicta de que o etanol terá, a partir de agora, um papel cada vez mais importante como combustível, no Brasil e no mundo.

A tecnologia dos motores *flex-fuel* veio dar novo fôlego ao consumo interno de etanol. O carro que pode ser movido à gasolina, etanol ou qualquer mistura dos dois combustíveis foi introduzido no país em março de 2003 e conquistou ra-

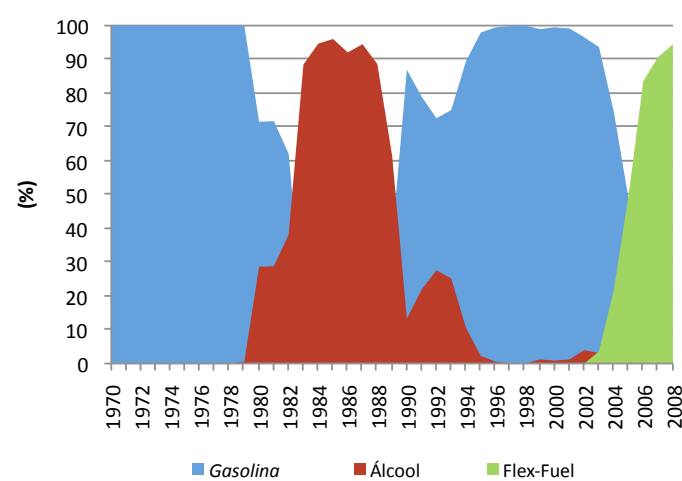
54 Metanol utilizado para elaboração da mistura MEG – 60% de álcool hidratado, 33% de metanol e 7% de gasolina.

55 Decreto nº 3546, de 17 de julho de 2000.

pidamente o consumidor. Hoje a opção já é oferecida para quase todos os modelos produzidos no país e os automóveis *flex-fuel* ultrapassaram em vendas os movidos à gasolina na corrida do mercado interno. O comportamento das cotações de petróleo no mercado internacional faz com que a expectativa da indústria seja que essa participação se amplie ainda mais. A relação de preços entre o etanol e a gasolina depende de diversas variáveis, como a região e o período ao longo do ano/safra

A velocidade de aceitação pelos consumidores dos carros *flex-fuel*, foi muito mais rápida do que a indústria automobilística esperava. Os *flex-fuel* representaram 94,2% do licenciamento total de automóveis novos em 2008, enquanto a participação dos movidos a gasolina ficou em 5,8%, segundo a Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores – Anfavea (Figura 1.3).

Figura 1.3 Licenciamento de autoveículos novos (em percentual)



Fonte: Anfavea, 2009.

1.1.1 Perspectivas para o Etanol

Como na época das crises do petróleo dos anos 1970, o mundo está empenhado em encontrar uma solução duradoura para seu problema energético. A preocupação ambiental somou-se à redução dos estoques e à alta dos preços dos combustíveis fósseis para valorizar as fontes renováveis e menos emissoras de gases de efeito estufa.

O setor energético no Brasil vem sofrendo diversas mudanças, como a tentativa de se retomar projetos que levem em

conta o meio ambiente e o mercado de trabalho. Tendo-se como referência a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, o etanol para fins carburantes exerce um importante papel na estratégia energética para um desenvolvimento sustentado.

O surgimento, em todo o mundo, de novos tipos de veículos e tecnologias de motores (como é o caso dos veículos *flex-fuel*) tem provocado mudanças importantes na tradicional postura da indústria automobilística e de outros agentes atuantes no mercado.

Previsões feitas pela União da Indústria de Cana-de-Açúcar - Unica, em parceria com a Cooperativa de Produtores de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo - Copersucar e a Associação da Indústria de Cogeração de Energia - COGEN (Tabela 1.1) apontam que a produção de cana-de-açúcar deve praticamente dobrar no período 2010–2020, sendo que a produção de etanol sofreria um aumento de mais de 150%, resultando em um volume capaz de atender à demanda interna e ainda exportar parte da produção. Essa projeção também prevê um grande aumento na participação da bioeletricidade na matriz elétrica brasileira, passando de 3% para 14% do total, entre 2010 e 2020.

Tabela 1.1 Aumento projetado da produção sucroalcooleira entre 2010 e 2020

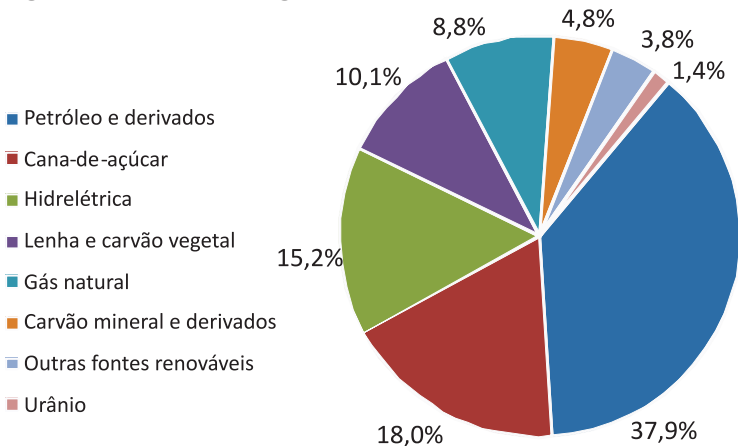
	2009/10	2015/16	2020/21
Produção cana-de-açúcar (milhões t)	605	829	1038
Açúcar (milhões t)	33	41,3	45,0
Consumo interno e estoque	10	11,4	12,1
Excedente para exportação	23	29,9	32,9
Etanol (bilhões l)	25,7	46,9	65,3
Consumo interno e estoque	22,5	34,6	49,6
Excedente para exportação	3,2	12,3	15,7
Bioeletricidade (MW médio)	1.800	8.158	13.158
Participação na matriz elétrica brasileira (%)	3%	11%	14%

Fonte: Elaborado por Unica, Copersucar e COGEN.



A cana-de-açúcar, por meio do etanol e da bioeletricidade, já representa 18% da matriz energética brasileira. Trata-se da segunda maior fonte de energia do país, atrás somente do petróleo e a primeira fonte renovável, à frente das hidrelétricas (Figura 1.4).

Figura 1.4 Matriz energética brasileira



Fonte: Elaborado por Unica com base no Balanço Energético Nacional de 2010 (dados preliminares)<sup>56</sup>.

1.1.2 Aspectos Econômicos do Etanol

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 etanol carburante no Brasil reduziram-se de forma significativa. Hoje, o preço praticado pelos produtores corresponde a cerca de 30% do valor observado no início do Proalcool. 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; e
- 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.

56 Vide: < <https://ben.epe.gov.br/BENResultadosPreliminares2010.aspx> >.

- 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 60% 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 47 t/ha em 1975 para 68 t/ha em 1996, atingindo cerca de 78 t/ha em 2008, sendo que no estado São Paulo, maior produtor, a produtividade é superior a 100 t/ha (BRASIL, 2009a). Diversos fatores geraram este aumento:

- Variedades selecionadas de cana-de-açúcar - o melhoramento genético da cana era feito pela Copersucar<sup>57</sup> que detinha o maior programa do mundo para estudos nessa área. Atualmente, esses trabalhos são feitos pelo Centro de Tecnologia Canavieira - CTC, entidade privada mantida pelas usinas e associações de fornecedores do setor, sendo este o maior centro de tecnologia da cana-de-açúcar do Brasil. Além do CTC, outras organizações, tanto públicas quanto privadas, realizam pesquisas neste campo. Pode-se citar, por exemplo, a “Canavialis” como uma iniciativa do setor privado, o Instituto Agrônomo de Campinas - IAC e a Universidade Federal de São Carlos - UFSCAR, como iniciativas do setor público;
- 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;
- Utilização 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 2010, devido a vários fatores:

57 A Copersucar é a maior empresa brasileira de açúcar, etanol e bioenergia, com atuação relevante nos principais mercados mundiais. Com 39 usinas associadas, detém modelo de negócio único, integrando todos os elos da cadeia da produção, comercialização e logística de açúcar, etanol e bioenergia, do planejamento das operações à entrega dos produtos diretamente aos clientes finais no Brasil e no Exterior. Na safra 2009/2010 foi responsável por uma produção de 74 milhões de toneladas de cana, 3,7 milhões de toneladas de açúcar e 3,43 bilhões de litros de etanol, tendo uma participação de 20 a 25% da produção nacional da agroindústria canavieira (<http://www.copersucar.com.br>).

- 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 do 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% a 95%. Atualmente 100% das usinas já são auto-suficientes e diversas unidades vendem excedentes de energia para a rede elétrica. Em 2008, no estado de São Paulo, mais de 700 MW de bioeletricidade foram disponibilizados para o sistema elétrico (BRASIL, 2009b).

### Preço do Etanol

Os preços do etanol para fins carburantes 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 do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP.

A partir de 1980, a diferença percentual entre os valores atribuídos ao etanol e à gasolina (denomina-se usualmente no Brasil como gasolina a mistura de gasolina pura e álcool anidro, conhecida internacionalmente como *gasohol*), 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 internacio-

nal, no período, a diferença de preços entre o álcool hidratado<sup>58</sup> e a gasolina para o consumidor, diminuiu para níveis inferiores a 20%, tomando-se o preço da gasolina como referência;

- 1997 até 2002 - 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 elevar, atingindo a faixa de 50% em 2002. Observou-se, neste período, a falta de uma política definida para o álcool hidratado combustível, embora diversas autoridades tenham se posicionado no sentido da retomada dessa opção. Com a promulgação da Lei nº 10.336/2001<sup>59</sup>, voltou-se a debater o retorno dos incentivos ao carro a etanol e a produção de carros *flex-fuel*, e os preços crescentes do petróleo no mercado internacional, bem como a realidade cambial, viabilizaram o uso do etanol;
- 2003 aos dias atuais - com o advento dos veículos *flex-fuel*, o consumidor pode optar por misturar os combustíveis (etanol e gasolina) em qualquer proporção. O consumidor pode fazer essa opção baseando-se nas vantagens e desvantagens da cadeia produtiva dos dois combustíveis, mas o que ainda é mais comum é o consumidor tomar essa decisão baseado na relação custo/benefício (preço do combustível/km rodado). Para auxiliar o consumidor nessa escolha, foi desenvolvido um cálculo simples que leva em consideração o valor e o rendimento médio de cada combustível. De maneira geral, assume-se que se o valor do litro do etanol corresponder até 70% do valor do litro da gasolina, é mais vantajoso economicamente abastecer com etanol. Tabelas simplificadas que auxiliam o consumidor a fazer este cálculo têm sido distribuídas nos postos de combustíveis. A balança comercial do etanol volta a ser de exportações líquidas<sup>60</sup> 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 progra-

58 O álcool hidratado carburante possui 96% de álcool puro e 4% de água e é vendido diretamente como combustível, enquanto o álcool anidro apresenta pureza de até 99,3% e é misturado à gasolina.

59 A Lei nº 10.336, de 19 de dezembro de 2001, instituiu 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 passou a ser destinado, 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 infraestrutura de transportes. Essa lei já sofreu diversas alterações, sendo que a redação final foi dada pela Lei nº 12.249, de 11 de junho de 2010.

60 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.

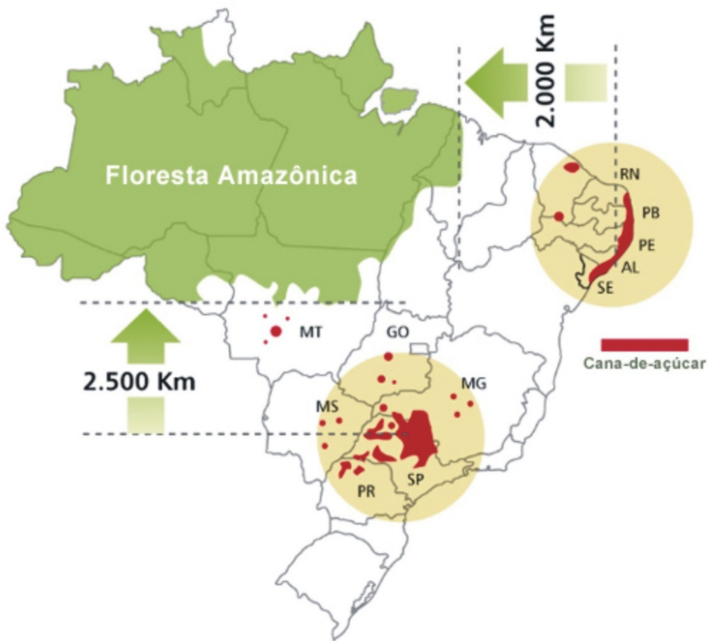
mas de uso do etanol combustível em diversos países como estratégia de melhoria ambiental e de redução de emissões.

**As Externalidades do Etanol de Cana-de-Açúcar**

**Ambientais**

*Garantia de preservação da floresta amazônica e outras áreas de floresta nativa* - a produção de cana-de-açúcar do Brasil não ocorre na área da floresta amazônica, apresentando seus principais polos produtores a uma grande distância do referido bioma, como indica a Figura 1.5. A alta produtividade brasileira garante que não haja necessidade de expandir o cultivo para áreas de floresta.

**Figura 1.5 Área de plantio de cana-de-açúcar no Brasil, mostrando a distância em relação à floresta amazônica**



Fonte: Unica, 2008.

*Eliminação do chumbo tetraetila da gasolina* - o Brasil foi o primeiro país do mundo a eliminar totalmente o chumbo tetraetila dos combustíveis em 1992. Desde 1989, cerca de 99% do petróleo refinado no país já não usava esse aditivo. Essa conquista deu-se graças ao uso do etanol como aditivo à gasolina.

*Redução na poluição atmosférica dos centros urbanos* - um estudo coordenado pela Unica (MEIRA FILHO & MACEDO, 2010) a respeito dos efeitos que poderiam advir a partir da substituição total da gasolina e do diesel por etanol na

frota cativa de ônibus da cidade de São Paulo, indicou que mais de 12 mil internações e 875 mortes seriam evitadas em um ano. Uma tragédia, portanto, seria evitada, diante da qual seu custo financeiro, de quase US\$ 190 milhões, teria importância secundária, embora altamente significativo em termos de orçamentos públicos e familiares.

Deve-se destacar, entretanto, que os resultados do referido estudo estão subestimados. Isso porque os efeitos sobre a saúde são medidos apenas em termos de admissões hospitalares e mortalidade, escolha que se deve à disponibilidade de informações nas bases de dados oficiais. Sabe-se, no entanto, que esses casos representam apenas parte dos eventos adversos à saúde. Outras doenças, que não demandam atendimento hospitalar, não foram contabilizadas. Além disso, foram estudados apenas os efeitos provocados pela emissão de ozônio e material particulado fino, sendo desprezados os efeitos de outros agentes tóxicos, como enxofre e metais pesados. Ou seja, o impacto é ainda maior do que mostram os números da simulação.

*Redução de emissões de gases de efeito estufa* - as causas da mudança do clima estão fortemente relacionadas aos padrões atuais de produção e consumo de combustíveis fósseis. Além disso, as emissões de gases de efeito estufa pelo setor de transportes devem aumentar drasticamente num futuro próximo, uma vez que a cada ano, um número maior de pessoas tem acesso a formas de transporte motorizadas. Nesse sentido, o potencial de redução de emissões de gases de efeito estufa por biocombustíveis é grande, embora varie significativamente, dependendo da escolha da matéria prima, da forma de produção, etc.

A Agência Internacional de Energia estimou que o etanol derivado de cana-de-açúcar, como o produzido pelo Brasil, pode atingir mais de 90% de redução nas emissões de gases de efeito estufa comparado à gasolina e ao óleo diesel convencionais, enquanto o etanol derivado de milho reduz as emissões em cerca de 35%. (IEA, 2004; MACEDO *et. al.*, 2004; MACEDO & SEABRA, 2008).

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, com emissões líquidas desprezíveis, o álcool produzido à 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 CO<sub>2</sub> 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 reduções alcançadas pelo uso do álcool produzido a partir de cana-de-açúcar no Brasil (WANG *et al.*, 1997).

Ainda segundo MEIRA FILHO & MACEDO (2010), o impacto positivo do etanol na mitigação à mudança do clima é substancial. O uso do etanol combustível permitiu ao Brasil, excluídas as emissões da agropecuária e indiretas de mudanças do uso da terra e florestas, evitar o equivalente a 10% das emissões dos gases de efeito estufa em 2006. Para 2020, estima-se um corte de 18%. Assim, desde 1975, a redução de emissões diretas provenientes do uso do etanol carburante no Brasil foi de aproximadamente 600 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> (PACCA & MOREIRA, 2009).

Quando se considera apenas o setor de transporte e geração de energia elétrica, a contribuição do álcool é ainda mais expressiva. Em 2006, o uso do etanol como combustível proporcionou a redução de 22% das emissões finais dos dois setores e chegaria a 43 % em 2020 (MEIRA FILHO & MACEDO, 2010).

Apesar de haver emissões de gases de efeito estufa na produção agrícola da cana-de-açúcar (devido ao uso de fertilizantes, combustíveis e insumos) e no seu transporte do campo para a usina, o balanço final é altamente positivo, com uma redução líquida na taxa de emissão de CO<sub>2</sub> da ordem de 2 t CO<sub>2</sub> equivalente por m<sub>3</sub> de etanol consumido (MACEDO & SEABRA, 2008). A Tabela 1.2 apresenta os fluxos de CO<sub>2</sub> e na produção e consumo do etanol no Brasil.

**Tabela 1.2 Fluxo de CO<sub>2</sub> equivalente na produção e consumo de etanol no Brasil**

Gases	Fluxo
	(tCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> etanol)
CO <sub>2</sub> reduzido*	-2,3
(substituição da gasolina)	-2,1
(substituição do óleo combustível)	-0,2
CO <sub>2</sub> liberado** (produção de cana/etanol)	0,4
<b>Total Líquido</b>	<b>-1,9</b>

\* Média de CO<sub>2</sub> reduzido pela substituição da gasolina, seja por álcool anidro ou hidratado; substituição do óleo combustível pelo bagaço de cana; e substituição da energia elétrica pelos excedentes de usina.  
\*\*CO<sub>2</sub> equivalente das fases agrícola e industrial de produção da cana e do etanol. Nestas fases são emitidos gases de efeito estufa como o CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O, da ordem de 400 kg de CO<sub>2</sub> equivalente por m<sup>3</sup> de etanol produzido.  
Fonte: MACEDO & SEABRA, 2008.

Na queima das folhas da cana para colheita ocorre liberação de CO<sub>2</sub>, 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 (N<sub>2</sub>O e NO<sub>x</sub> durante a fase de combustão com chama, e CO e CH<sub>4</sub> 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. Adicionalmente, o Protocolo Agroambiental, assinado entre a Unica e as Secretarias de Meio Ambiente e Agricultura do estado de São Paulo, e que conta com a participação de mais de 170 usinas, antecipa os prazos para a eliminação da queima determinados pela legislação, o que implica na crescente colheita da cana crua. Atualmente, mais de 55% das áreas de cultivo de cana no estado de São Paulo já são colhidas sem queima (AGUIAR *et al.*, 2010), sendo este estado o responsável por mais de 60 % da produção brasileira (Unica, 2010<sup>61</sup>).

*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 cogeração com uso dos subprodutos da cana*<sup>62</sup> - o uso do bagaço e, eventualmente, da palha da cana representam um vasto potencial de cogeração de energia elétrica renovável. Atualmente, mais de 90% 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 (cogeração) é possível obter geração de energia elétrica excedente de até 86 kWh por tonelada de cana. Com a tendência para a colheita da cana sem queima e com o aproveitamento de 50 a 80% da palha disponível, a usina poderá gerar excedentes acima de 100 kWh/

61 Perspectivas da Expansão da Produção. Elaboração: Unica, Copersucar e Co-gen. Não Publicado.  
62 Define-se cogeração 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.

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 cogeração e geração térmica pura.

Estimativas apontam que, com o contínuo aproveitamento da palha, a venda de energia elétrica pelo setor sucroenergético poderá atingir 13.158 MW médios até a safra 2020/2021<sup>63</sup>, o que significaria uma reserva de energia para o sistema elétrico superior ao produzido por ano na usina hidrelétrica de Itaipu<sup>64</sup>. Em agosto de 2010, as atividades de projetos de cogeração a bagaço de cana, desenvolvidas no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL, e aprovadas pela Autoridade Nacional Designada adicionam 1.334 MW ao setor elétrico, existindo ainda um potencial significativo de ampliação dessa capacidade no futuro.

### Econômicas

Em 2008, aferiu-se que o Produto Interno Bruto do setor é de US\$ 28,15 bilhões<sup>65</sup>, equivalente a quase 2% do PIB nacional. Nessa conta do PIB setorial, em que foram computados dados relativos a 2008, estão incluídas as exportações de quase US\$ 8 bilhões (sobretudo de açúcar, US\$ 5,5 bilhões, e etanol, US\$ 2,4 bilhões). O grosso é gerado no mercado interno, onde as vendas alcançam US\$ 20,2 bilhões, metade das quais de etanol hidratado (UNICA, 2010).

Considerados apenas os impostos sobre o faturamento — isto é, IPI, ICMS, PIS e Cofins — estima-se que, em 2008, o setor tenha pago o equivalente a US\$ 9,86 bilhões. Desse total, US\$ 3 bilhões são relativos à venda de insumos agrícolas e industriais e US\$ 6,86 bilhões referem-se a impostos agregados do setor sucroenergético.

### Sociais

Geração de emprego – Em 2008, o setor sucroenergético empregou 1,28 milhão de pessoas com carteira assinada, o equivalente a 2,15% dos postos de trabalho no Brasil. Nessa conta incluem-se empregos gerados no cultivo da cana-de-açúcar, fábricas de açúcar em bruto, no refino e moagem

de açúcar e na produção de etanol. A maior parte dos empregos foi gerada pelo cultivo da cana (481.662 funcionários), fixos e sazonais, e nas fábricas de açúcar (561.292 funcionários). A produção de etanol envolveu 226.513 empregados e o refino e moagem de açúcar, 13.791 pessoas. Os dados mostram que o índice de formalidade de empregos no setor canavieiro vem crescendo, atingindo a média nacional de 80,9%. O índice de formalidade é maior na região Centro-Sul (90,3%), chegando a 95,05% em São Paulo. Na região Nordeste, é de 66,5%. Considerando-se que para cada emprego direto são gerados dois indiretos, estima-se haver 4,29 milhões de pessoas trabalhando na cadeia da cana-de-açúcar. Mais da metade (55%) dos trabalhadores no cultivo da cana é analfabeta ou tem baixa escolaridade. O aumento da mecanização, porém, tem se encarregado de aumentar a demanda por profissionais mais qualificados (UNICA, 2010).

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 2008, o Brasil produziu, internamente, 99,5% da oferta interna bruta de petróleo (ANP, 2009a). 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.

63 Supondo-se a utilização de 50% da palha disponível no mesmo ano-safra para a exportação de energia elétrica e que uma tonelada de cana (bagaço + palha) gera 199,9 kWh para exportação; PCI da palha = 1,7 PCI do bagaço; Fator de Capacidade = 0,5 (Koblitz, 2009), utilizando caldeira de 65 bar.

64 Em 2008, a Usina Itaipu gerou 94.684.781 MWh, com uma potência instalada de 14.000 MW, equivalente a 10.809 MW médios (Itaipu, 2009).

65 A indústria da cana-de-açúcar: etanol, açúcar e bioeletricidade. No mapeamento do setor, foi usada a taxa de câmbio de R\$ 1,84 por dólar, a média do ano de 2008.

Um grande marco tecnológico foi a criação dos automóveis com motores movidos à gasolina e etanol. Os primeiros estudos sobre os veículos *flex-fuel* no Brasil começaram a ser desenvolvidos em 1990. Os carros foram lançados no mercado em 2003, depois de incorporarem importantes avanços, especialmente na eletrônica embarcada<sup>66</sup> que viabiliza um controle preciso das principais funções do motor para cada um dos combustíveis utilizados — etanol ou gasolina — e suas misturas. A introdução dessa tecnologia no país foi baseada no conceito da não modificação do motor à gasolina, de modo que, na primeira geração, a atenção foi quase que exclusivamente dedicada à funcionalidade do sistema e atendimento aos requisitos de emissões, com pouca preocupação com o consumo do etanol. Essa tecnologia foi sendo aprimorada, mas de modo desigual pelas diversas montadoras que operam no mercado nacional. Enquanto que algumas montadoras, reconhecendo a preferência do consumidor pelo etanol, vêm incorporando inovações que levam a um uso mais otimizado do combustível renovável, outras ainda estão na primeira geração de motores *flex-fuel*. Portanto, pode-se afirmar que, de um modo geral, esses veículos ainda não estão suficientemente desenvolvidos para maximizar os benefícios do etanol, como o maior calor latente de vaporização e a maior octanagem, que dão vantagem energética sobre a gasolina. A mais recente novidade tecnológica dos veículos *flex-fuel*, incorporada em 2009 por enquanto a um único modelo, foi o sistema de partida a frio com pré-aquecimento do etanol, o que dispensa a necessidade do tanque auxiliar de gasolina e apresenta redução adicional na emissão de poluentes com etanol.

*Progressos técnicos na produção sucroalcooleira* - o esforço de universidades e centros de pesquisa, públicos e privados, levaram a uma notável evolução científica e tecnológica nacional na área. 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).

66 Eletrônica Embarcada representa todo e qualquer sistema eletro-eletrônico montado em uma aplicação móvel, seja ela um automóvel, um navio, um avião ou mesmo um trator. Disponível em: <<http://www.pcs.usp.br/~laa/Grupos/EEM/index.htm>>.

Portanto, o uso de etanol de cana-de-açúcar como combustível demonstra ser uma alternativa sustentável em relação ao uso de combustíveis fósseis, com geração de emprego, geração de renda no campo, desenvolvimento de tecnologia e preservação do meio ambiente.

Em relação às emissões de gases de efeito estufa, o balanço final é altamente positivo, em função do processo de fotossíntese, em que a cana absorve a mesma quantidade de dióxido de carbono que é emitida durante a queima do álcool e do bagaço.

## 1.2 Programa Brasileiro de Biocombustíveis - Pro-biodiesel

O Brasil, além de se destacar internacionalmente pela produção de etanol a partir de cana-de-açúcar, foi o primeiro país a registrar a patente do biodiesel em 1980.

Em 1983, o governo brasileiro, motivado pela elevação dos preços de petróleo, determinou a implementação de um projeto intitulado “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 Ministério da Indústria, do Comércio e do Turismo - MICT<sup>67</sup>, 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.

A década de 1990 caracterizou-se pela produção comercial e instalação de plantas em escala industrial, estimulada pela competitividade relativa de preços do petróleo e óleos vegetais e visando atender as preocupações relativas ao meio ambiente.

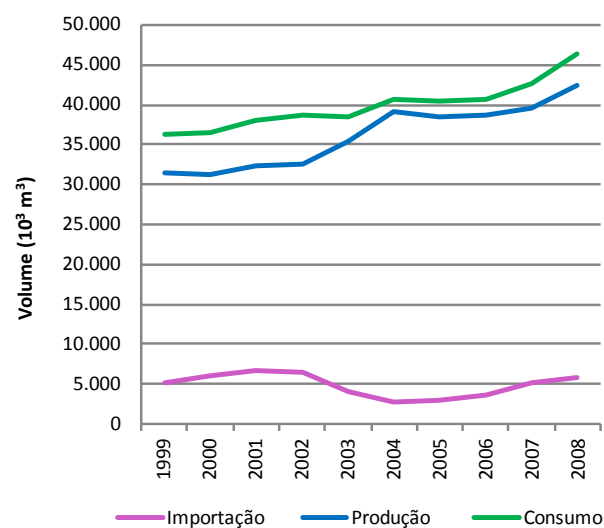
No início da década de 2000, o Governo Federal passou a perceber como estratégica a incorporação do biodiesel à matriz energética brasileira, na medida em que este combustível se apresentava como uma alternativa de diminuição

67 Atualmente, Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior - MDIC.



da dependência dos derivados de petróleo e como elemento propulsor de um novo mercado para as oleaginosas. Utilizado principalmente no transporte de passageiros e cargas, o diesel é atualmente o derivado de petróleo mais consumido no Brasil, com comercialização anual de cerca de 38 bilhões de litros (BRASIL, 2009b). Considerando o perfil de produção nas refinarias brasileiras, uma fração crescente desse produto vem sendo importada, como mostra a Figura 1.6. O país importa, hoje, 12,6% do diesel consumido no Brasil (BRASIL, 2009b). Dessa forma, o desenvolvimento de uma indústria de biodiesel permite ao país reduzir gastos. De acordo com a ANP, em 2008, o uso do biodiesel evitou a importação de 1,1 bilhões de litros de diesel de petróleo, resultando numa economia de cerca de US\$ 976 milhões, gerando divisas para o país.

**Figura 1.6 Evolução da produção, da demanda e da importação de óleo diesel**



Fonte: BRASIL, 2009b.

Estudos indicam que a produção de biodiesel nacional, especialmente para modernos veículos a diesel, apresenta as seguintes oportunidades:

- não contribui para o aumento do efeito estufa (emissões evitadas de cerca de 2,5 toneladas de gás carbônico por metro cúbico de biodiesel utilizado);
- redução das emissões de poluentes monóxido de carbono - CO e da mutagenicidade pela eliminação dos compostos aromáticos, grande redução de emissões de hidrocarbonetos - HC e fumaça preta, bem como redução significativa de emissões de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos do teor de enxofre do combustível, quando

comparado ao diesel, contribuindo, assim, para a redução do nível de poluição das cidades, melhorando a qualidade de vida de seus habitantes;

- não é tóxico;
- tecnologia atual permite aos veículos diesel atender à norma EURO III, dispositivos de retenção de particulados - filtros regenerativos (com B100 poderão operar melhor pela ausência de enxofre e material particulado);
- perspectiva de exportação de biodiesel como aditivo de baixo conteúdo de enxofre, especialmente para a União Europeia, onde o teor de enxofre está sendo reduzido paulatinamente (de 2000 ppm em 1996, para 350 ppm em 2002, e 50 ppm em 2008);
- o fortalecimento das fontes de energia renovável na matriz energética;
- biodegradável;
- desempenho superior e uso de motores cada vez menores;
- melhora o número de cetano, mais elevado (maior que 50) que o do diesel (melhoria no desempenho da ignição), e lubrificidade (redução de desgaste, especialmente do sistema de ignição);
- pontos de combustão e fulgor apropriados (mais seguro para manipular);
- mercado em grande expansão, especialmente na Europa, trazendo vantagens na exportação de veículos, motores e componentes;
- economia de combustível;
- novas oportunidades de negócios, em particular na agroindústria, e geração de emprego e renda;
- carga tributária dos combustíveis definida;
- demanda crescente de diesel no Brasil (com implicações na dependência de importação, no balanço de pagamentos e na qualidade do combustível);
- diversificação da matriz energética; e
- melhoria da logística de transporte.

Em julho de 2003, foi criado um Grupo de Trabalho Intermistrial - GTI, integrado por representantes de 11 ministérios

e coordenado pela Presidência da República, com o objetivo de analisar a viabilidade da produção e uso desse combustível no país.

Levando em consideração os benefícios de natureza social, econômica, ambiental e estratégica identificados pelo GTI, um novo decreto presidencial foi publicado em dezembro de 2003 criando a Comissão Executiva Interministerial do Biodiesel e seu braço executivo, o Grupo Gestor do Biodiesel, visando à promoção e ao acompanhamento das providências necessárias à introdução desse combustível em larga escala na matriz energética brasileira.

Em dezembro de 2004, o Governo Federal lançou o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel - PNPB, responsável pela organização da cadeia produtiva, definição de linhas de financiamento e estruturação de base tecnológica. O PNPB é um programa interministerial do Governo Federal que tem como objetivos desenvolver as tecnologias de produção e o mercado de consumo de biocombustíveis.

O biodiesel<sup>68</sup> é definido como “biocombustível derivado de biomassa renovável para uso em motores a combustão interna com ignição por compressão ou, conforme regulamento, para geração de outro tipo de energia, que possa substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil”. O biodiesel deve atender às especificações técnicas como sendo

um produto único, sem necessidade da definição da origem do óleo vegetal ou qual o tipo de álcool a ser usado na produção, mas sim um conjunto de propriedades físico-químicas para o produto final que garanta a sua adequação ao uso em motores de ciclo diesel.

O biodiesel pode ser obtido por diferentes processos, tais como o craqueamento, a esterificação ou pela transesterificação<sup>69</sup> etílica ou metílica. Pode ser produzido a partir de gorduras animais ou de óleos vegetais, existindo no Brasil diversificadas opções de matérias-primas oleaginosas, com diferentes potenciais energéticos, que podem ser utilizadas, tais como mamona, dendê (palma), girassol, babaçu, amendoim, pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) e soja, dentre outras (Tabela 1.3). Nesse sentido, o PNPB procura não privilegiar nenhuma matéria-prima, deixando a escolha para o produtor, que a fará com base na análise de custos de produção e de oportunidade. Cabe esclarecer, entretanto, que o óleo vegetal in natura é bem diferente do biodiesel, que deve atender à especificação estabelecida pela ANP<sup>70</sup>.

68 Segundo a Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005.

69 A transesterificação é o processo mais utilizado atualmente para a produção de biodiesel. Consiste numa reação química dos óleos vegetais ou gorduras animais com o álcool comum (etanol) ou o metanol, estimulada por um catalisador, da qual também se extrai a glicerina, produto com aplicações diversas na indústria química. Além da glicerina, a cadeia produtiva do biodiesel gera uma série de outros co-produtos (torta, farelo etc.) que podem agregar valor e se constituir em outras fontes de renda importantes para os produtores.

70 Resolução ANP 07/2008.

Tabela 1.3 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>Elaeis 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>Cocus 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
Mamona ( <i>Ricinus communis</i> )	Grão	43-45	Anual	3	0,5-0,9
Amendoim ( <i>Arachis 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 hirsutum</i> )	Grão	15	Anual	3	0,1-0,2

Fonte: NOGUEIRA & LORA, 2000.



O biodiesel substitui total ou parcialmente o óleo diesel de petróleo em motores ciclodiesel automotivos (de caminhões, tratores, camionetas, automóveis etc.) ou estacionários (geradores de eletricidade, calor etc.). Pode ser usado puro ou misturado ao diesel em diversas proporções. A mistura de 2% de biodiesel ao diesel de petróleo é chamada de B2 e assim sucessivamente, até o biodiesel puro, denominado B100.

Em 2005, tornou-se<sup>71</sup> obrigatória a adição de 2% de biodiesel ao óleo diesel comercializado (B2) em qualquer parte do território nacional, a partir de 2008, com extensão gradativa a 5% até 2013. Considerando que os prazos para atendimento do percentual mínimo obrigatório de adição de biodiesel ao óleo diesel comercializado para o consumidor final, em qualquer parte do território, podem ser reduzidos pelo Comitê Nacional de Política Energética – CNPE, este, em outubro de 2009, publicou resolução estabelecendo em 5%, em volume (B5), o percentual mínimo obrigatório de adição de biodiesel ao óleo diesel, a partir de 1º de janeiro de 2010.

A capacidade de produção de biodiesel instalada no país foi julgada suficiente para atender à elevação do percentual de adição para 5% a partir de 1º de janeiro de 2009, sendo que essa adição não exigiu alteração dos motores e da frota veicular em circulação, tendo sido garantida, assim, maior segurança para os consumidores. A modificação vai gerar demanda adicional de 740 milhões de litros/ano, aumentando o consumo de biodiesel para 2,4 bilhões de litros/ano.

Essa estratégia permite o desenvolvimento da indústria nacional de bens e serviços e contribui para substituir o diesel importado por combustível nacional, limpo e renovável. Além disso, o cultivo de matérias-primas e a produção industrial de biodiesel, ou seja, a cadeia produtiva do biodiesel tem grande potencial de geração de empregos, promovendo, dessa forma, a inclusão social, especialmente quando se considera o amplo potencial produtivo da agricultura familiar. Nas regiões do semiárido brasileiro e na região Norte, a inclusão social é ainda mais premente.

Na região do semiárido, por exemplo, a renda anual líquida de uma família a partir do cultivo de cinco hectares com mamona (*Ricinus communis*) e uma produção média entre 700 e 1,2 mil quilos por hectare, pode variar entre R\$ 2,5 mil e R\$ 3,5 mil<sup>72</sup>. Além disso, a área pode ser consorciada com outras culturas, como o feijão e o milho.

Para estimular ainda mais esse processo, o Governo Federal lançou o “Selo Combustível Social”, um conjunto de medidas

específicas visando a estimular a inclusão social da agricultura, nessa importante cadeia produtiva<sup>73</sup>. Em 2005, o Ministério do Desenvolvimento Agrário - MDA publicou a regulamentação<sup>74</sup> para projetos de biodiesel com perspectivas de se consolidarem como empreendimentos aptos ao selo combustível social. O enquadramento social de projetos ou empresas produtoras de biodiesel permite acesso a melhores condições de financiamento junto ao BNDES e outras instituições financeiras, além dar direito de concorrência em leilões de compra de biodiesel. As indústrias produtoras também terão direito a desoneração de alguns tributos, mas deverão garantir a compra da matéria prima, preços pré-estabelecidos, oferecendo segurança aos agricultores familiares. Há, ainda, possibilidade dos agricultores familiares participarem como sócios ou quotistas das indústrias extratoras de óleo ou de produção de biodiesel, seja de forma direta, seja por meio de associações ou cooperativas de produtores.

Os agricultores familiares que desejem participar da cadeia produtiva do biodiesel também terão acesso a linhas de crédito do Programa Nacional de Agricultura Familiar - Pronaf, por meio dos bancos que operam com esse programa, assim como, acesso a assistência técnica fornecida pelas próprias empresas detentoras do “Selo Combustível Social”, com apoio do MDA por meio de parceiros públicos e privados. Com isso, o produtor terá uma possibilidade a mais de gerar renda, sem deixar a atividade principal de plantio de alimentos. O limite de crédito e as condições do financiamento seguem as mesmas regras do grupo do Pronaf em que o agricultor estiver enquadrado.

Atualmente no Brasil, o Probioamazon, programa gerenciado pelo Ministério de Desenvolvimento Agrário - MDA e Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT, é o maior programa de óleos vegetais em implantação, com perspectiva de produção de cerca de 500 mil toneladas/ano<sup>75</sup> de dendê na região Norte, a partir da produção em assentamentos do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA.

No processo de amadurecimento da cadeia produtiva do biodiesel, deve-se lembrar que há questões tecnológicas em etapas pré-comerciais a serem resolvidas nas etapas de testes em laboratório, bancada e de campo, em particular, a rota tecnológica a ser desenvolvida da produção do biodiesel com o uso do etanol. O MCT e a Petrobras, por intermédio do Fundo Setorial de Petróleo e Gás Natural – CT-Petro, apóiam projetos com a participação de universidades, como as Universidades Federal do Rio Grande do Sul, Federal de Pelotas e a Regional do Alto

71 Lei nº 11.097/2005, em seu art. 2º.

72 Anuário da Indústria de Biodiesel no Brasil 2004-2009. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/biodiesel/social/aspectos-sociais.htm>>.

73 Conforme Instrução Normativa nº 01, de 05 de julho de 2005.

74 Por meio da Instrução Normativa nº 02/2005.

75 Vide: <<http://dabdoub-labs.com.br/pdf/probiodiesel.pdf>>.

Uruguai, com a finalidade básica de adequar e implantar os métodos de análise físico-química, como propostos pela Sociedade Americana para Ensaio de Materiais - ASTM (sigla em inglês de *American Society for Testing Materials*) para o biodiesel nacional, e também, para avaliar as propriedades das misturas de biodiesel ao diesel em diferentes proporções. O desenvolvimento do Probiobiodiesel permitirá desenvolver a competitividade técnica e econômica do biodiesel, potencializando ganhos ambientais e gerando novos negócios para a agroindústria, montadoras e setores de autopeças.

Muito se discute atualmente a estratégia para o uso do biodiesel puro (B100), tendo sido estimulada a sua produção, considerando, entre outros fatores, a capacidade ociosa industrial. O B100 tem sido usado no país apenas como teste, em transportes coletivos de algumas cidades, como Curitiba - PR. Já há projeto de lei no Congresso Nacional que busca autorizar o uso de biodiesel puro (do tipo B100) como combustível de carros de passeio e de veículos de carga de pequeno porte (capazes de transportar até três toneladas). Testes também têm sido feitos em aviões e navios. A utilização definitiva do novo combustível dependerá, entre outros fatores, de uma relação positiva entre a energia consumida no processo de produção e a energia disponibilizada pelo biodiesel.

Graças a este programa, o Brasil está entre os maiores produtores e consumidores de biodiesel do mundo, com uma produção anual, em 2009, de 1,6 bilhões de litros e uma capacidade instalada, em janeiro de 2010, para cerca de 4,7 bilhões de litros (ANP, 2010a<sup>76</sup>). A área plantada necessária para atender ao percentual de mistura atual de biodiesel (B5) ao diesel de petróleo é estimada em 3 milhões de hectares, o que equivale a 2% dos 150 milhões de hectares plantados e disponíveis para agricultura no Brasil. Este número não inclui as regiões ocupadas por pastagens e florestas.

Em 2008, o uso do biodiesel evitou a importação de 1,1 bilhões de litros de diesel de petróleo, resultando numa economia de cerca de US\$ 976 milhões, gerando divisas para o país.

Pretende-se que o biodiesel continue a ser inserido na oferta interna de combustíveis, de maneira sustentável (social, ambiental e economicamente), de forma a tornar a produção desse insumo um vetor de desenvolvimento, com geração de emprego e renda, sobretudo nas regiões mais carentes do Brasil.

76 Vide: <<http://www.anp.gov.br/?pg=17680&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&cachebust=1281537505937>>.

### **Processo H-Bio - Tecnologia Petrobras para Produção de Óleo Diesel Renovável**

A preocupação mundial com o desenvolvimento sustentável evidenciou a necessidade da definição de limites de emissão para as tecnologias automotivas. Desde então, pesquisadores têm buscado a produção de combustíveis menos poluentes, economicamente viáveis e de origem renovável para alcançar as melhorias ambientais desejadas. Neste sentido, o processo H-BIO<sup>77</sup> contribui para a produção de óleo diesel usando uma parcela de matéria-prima renovável.

O processo H-BIO foi desenvolvido pelo Centro de Pesquisas e Desenvolvimento da Petrobras - Cenpes, para inserir o processamento de matéria-prima renovável no esquema de refino de petróleo e permitir a utilização das instalações já existentes.

Neste processo, o óleo vegetal ou animal é misturado com frações de diesel de petróleo para ser hidroconvertido em Unidades de Hidrotratamento - HDT, que são empregadas nas refinarias, principalmente para a redução do teor de enxofre e melhoria da qualidade do óleo diesel, ajustando as características do combustível às especificações da Agência Nacional de Petróleo - ANP.

No desenvolvimento desta tecnologia foram testados, em planta piloto, diferentes óleos vegetais tais como soja e mamona, em diferentes condições de operação, que evidenciaram as vantagens do processo onde se destaca o alto rendimento, de pelo menos 95% v/v, em diesel sem a geração de resíduos e uma pequena produção de propano. Para cada 100 litros de óleo de soja processados, são produzidos 96 litros de óleo diesel e 2,2 Nm<sup>3</sup> de propano. Diante disso, a área de Refino do Abastecimento está realizando testes industriais, usando até 10% em volume de óleo de soja na carga do HDT, que demonstram a adequação e a flexibilidade da tecnologia.

O processo envolve uma hidroconversão catalítica da mistura de frações de diesel e óleo de origem renovável, em um reator de HDT, sob condições controladas de alta temperatura e pressão de hidrogênio. Assim, o óleo vegetal é transformado em hidrocarbonetos parafínicos lineares, similares aos existentes no óleo diesel de petróleo. Esses compostos contribuem para a melhoria da qualidade do óleo diesel final, destacando-se o aumento do número de cetano, que garante melhor qualidade de ignição, e a redução da densidade e do teor de enxofre. O benefício na qualidade final do produto é proporcional ao volume de óleo vegetal usado no processo.

77 Vide: <<http://www2.petrobras.com.br/tecnologia/port/H-BIO.asp>>.

A tecnologia H-BIO da Petrobras introduz uma nova rota para a produção de biocombustíveis, complementar ao Programa Brasileiro de Biodiesel, em pleno desenvolvimento, para no futuro ampliar a utilização de biomassa na matriz energética do país, gerando benefícios ambientais e de inclusão social.

#### *Benefícios do Processo H-Bio*

Um dos principais benefícios do processo é a redução da emissão de gases de efeito estufa, pois os óleos vegetais e animais que constituem a principal parte da matéria-prima do H-BIO são renováveis, deslocando o carbono de origem fóssil do petróleo.

Nesse sentido, a emissão evitada, decorrente desse processo, pode representar a redução de emissão de cerca de 2,0 a 2,6 tCO<sub>2</sub>/t diesel produzido, conforme a metodologia AM-0089 aprovada junto à UNFCCC para quantificar as reduções de emissões de gases de efeito estufa para atividades de projetos de MDL<sup>78</sup>.

Outro benefício importante proporcionado pelo H-BIO é a redução do teor de enxofre do óleo diesel, contribuindo para a redução de emissão de poluentes regulados. O H-BIO também contribui para a melhoria da qualidade do óleo diesel final, destacando-se o aumento do número de cetano, que garante melhor qualidade de ignição, e a redução da densidade. Todos esses benefícios são proporcionais ao volume de óleo de origem renovável usado no processo.

## 1.3 Programas de Conservação de Energia

### 1.3.1 Programas Governamentais de Conservação de Energia

As medidas de conservação de energia, 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 balança comercial.

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.

78 Vide: <<http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/approved.html?searchmode=advanced&searchon=1&scales=1&scales=2&scales=3&number=&title=&scopeoperation=or&scopes%3Alist=1&button=Search>>

No início da década de 1980, foi implantado o Programa Conserve, administrado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES, que se constituiu no primeiro esforço em termos de conservação de energia, visando a promoção da eficiência energética na indústria; ao desenvolvimento de produtos e processos energeticamente mais eficientes; e ao estímulo à substituição de energéticos importados.

Em meados da década de 1980, foi criado o Programa Nacional de Conservação 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.

A relação entre economia de energia e redução de emissões de gases de efeito estufa não é linear, ou seja, uma possível redução do consumo energético não necessariamente acarretará uma redução, na mesma proporção, das emissões. Isso se deve, principalmente, ao forte componente hidráulico na geração elétrica. No entanto, caso houvesse um aumento da geração de energia por meio de unidades térmicas a combustíveis fósseis, isso acarretaria efeitos consideráveis sobre as emissões, o que faz com que a economia de energia seja importante.

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 por lei<sup>79</sup> 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 2015<sup>80</sup>, 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 elétrico<sup>81</sup>.

79 Pela Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000.

80 De acordo com a Lei nº 12.212, de 20 de Janeiro de 2010.

81 Conforme previsto na Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000.



Em 2001, foi criada<sup>82</sup> 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 estabelece 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 são obrigados a obedecer. A lei dispõe, ainda, que o Poder Executivo tem que desenvolver mecanismos que promovam a eficiência energética nas edificações construídas no país.

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.

82 Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001.

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.

Procel

O objetivo do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - PROCEL é promover a racionalização da produção e do consumo de energia elétrica, para que se eliminem os desperdícios e se reduzam os custos e os investimentos setoriais.

O Procel foi criado em dezembro de 1985 pelo Ministério de Minas e Energia e pelo Ministério da Indústria e Comércio, sendo gerido por uma Secretaria Executiva subordinada às Centrais Elétricas do Brasil S.A. - Eletrobrás. Em 1991, o Procel foi transformado em Programa de Governo, tendo suas abrangência e responsabilidades ampliadas.

O Programa utiliza recursos da Eletrobrás e da Reserva Global de Reversão - RGR, fundo federal constituído com recursos das concessionárias, proporcionais ao investimento de cada uma. Utiliza, também, recursos de entidades internacionais (Tabela 1.4).

Tabela 1.4 Investimentos e resultados anuais obtidos pelo Procel

	1986/2003	2004	2005	2006	2007
Investimentos Eletrobrás/Procel (R\$ milhões)*	252,01	27,2	37,2	29,24	13,6
Investimentos RGR (R\$ milhões)	412	54	44,6	77,8	39,2
Investimentos do Projeto de Eficiência Energética para o Brasil (R\$ milhões)**	2,09	13	16,2	6,2	-
Investimentos Totais Realizados (R\$ milhões)	666,08	94,2	98	113,2	52,8
Energia Economizada (bilhões de kWh/ano)	17,22	2,37	2,16	2,85	3,93
Redução de Demanda na Ponta (MW)	4.633	622	585	772	1.357
Usina Equivalente (MW)***	4.033	569	518	682	942
Investimentos Postergados (R\$ bilhões)	10,65	2,5	1,77	2,23	2,76

\* Refere-se somente aos recursos orçamentários do Procel efetivamente realizados em cada ano, não sendo considerados os salários do pessoal Eletrobrás/Procel.  
\*\* Refere-se ao investimento de US\$ 11,9 milhões do GEF e a contrapartida da Eletrobrás.  
\*\*\* Obtida a partir da energia economizada, considerando um fator de capacidade médio típico de 56% para usinas hidrelétricas e incluindo 15% de perdas médias na Transmissão e Distribuição (T&D) para a parcela de conservação de energia.  
Fonte: Eletrobrás/Procel, 1998; Eletrobrás/Procel, 2008.

O Procel estabelece metas de redução de conservação de energia que são consideradas no planejamento do setor elétrico, dimensionando as necessidades de expansão da oferta de energia da transmissão. Dentre elas, destacam-se a redução nas perdas técnicas das concessionárias; a racionalização do uso da energia elétrica; e o aumento da eficiência energética em aparelhos elétricos. Assim, o Procel tem conseguido obter resultados significativos, como pode ser verificado na Tabela 1.5.

Tabela 1.5 Resultados acumulados pelo Procel

Resultados	Total
Investimentos Totais Realizados (R\$ bilhão)*	1,02
Energia Economizada e Geração Adicional (bilhões de kWh/ano)**	28,5
Redução de Demanda na Ponta (MW)	7.969
Usina Equivalente (MW)	6.841
Investimento Postergado (R\$ bilhões)	19,9

\* Inclui a parcela relativa à RGR e os Recursos do Projeto de Eficiência Energética para o Brasil.  
\*\* A energia economizada e a geração adicional acumuladas são calculadas apenas adicionando-se as economias a cada ano, não considerando a persistência das medidas implementadas.  
Fonte: Eletrobrás/Procel, 2008.

Se for mantida a estrutura atual de uso da energia, projeta-se uma necessidade de suprimento, em 2015, em torno de 780 TWh/ano. Diminuindo-se os desperdícios, estima-se uma redução anual de até 130 TWh, que é correspondente à produção aproximada de duas usinas hidrelétricas de Itaipu. Uma das metas do Procel tem sido a redução das perdas técnicas na transmissão e distribuição das concessionárias para um valor próximo aos 10%. Com a adoção do Selo Procel para eletrodomésticos, espera-se um aumento médio de 10% na eficiência energética dos equipamentos que participem do programa.

O Procel tem como principais objetivos diminuir o desperdício de energia elétrica no país e buscar a eficiência energética no setor elétrico, que visam à realização de algumas metas essenciais: o desenvolvimento tecnológico; segurança energética; eficiência econômica, novos parâmetros incorporados à cidadania e à redução de impactos ambientais. Desenvolvimento tecnológico implica pesquisa científica, capacitação de laboratórios e de pessoal técnico, para a melhoria da qualidade de vida. Segurança energética visa garantir energia na quantidade e no tempo necessários. Eficiência econômica significa produzir e distribuir os bens e serviços da economia com o melhor uso possível dos insumos necessários à produ-

ção e distribuição dos produtos. A energia é um dos insumos básicos das atividades econômicas, assim a eficiência econômica passa pela eficiência energética. Por meio da atuação em todos os níveis do ensino formal do país, utilizando como canal de comunicação a “Educação Ambiental”, é possível incorporar parâmetros novos à cidadania<sup>83</sup>.

O Procel realiza um papel de redução dos impactos ambientais no Brasil: as várias linhas de ação de cada um dos Projetos de Mudança de Hábitos e de Eficiência Energética do Procel permitem atender ao crescimento da demanda de energia elétrica sem que a oferta seja ampliada na mesma proporção. Uma parte da demanda por eletricidade passa a ser atendida pelo que se poderia chamar de energia “virtual”, obtida por meio de ações de conservação de energia.

Isto porque estas ações permitem realizar mais atividades produtivas com a mesma quantidade de energia, aumentando a eficiência energética de lâmpadas, motores, eletrodomésticos e também, reduzindo o consumo de prédios públicos e das residências. Há ainda projetos para gerenciar a demanda de energia e diminuir as perdas na transmissão e na distribuição aumentando a efetividade da oferta.

Por meio dos projetos e ações desenvolvidos no âmbito do Procel — os quais promovem o uso da energia elétrica de forma mais eficiente — usinas, linhas de transmissão e redes de distribuição, que teriam de ser construídas para atender ao crescimento da demanda, podem ser evitadas, ou postergadas, evitando, assim, o lançamento de gases de efeito estufa na atmosfera.

O Procel realizou, em conjunto com a COPPE/UFRJ, um estudo que avalia a quantidade de carbono evitada por seus programas. A conclusão é que a eficiência energética terá, até o ano de 2010, contribuído para evitar a emissão de cerca de 230 milhões de toneladas de carbono na atmosfera.

Reluz

O Programa Nacional de Iluminação Pública Eficiente – Reluz, coordenado pelo Ministério de Minas e Energia e desenvolvido pela Eletrobrás, por meio do Procel, foi lançado em 2000 e prorrogado até 2010, com a previsão de investimentos de R\$ 2 bilhões. O Programa compreende até 96% do potencial de conservação de energia da rede nacional de iluminação pública, atualmente composta de 13 milhões de pontos de iluminação, sendo que 7,5 milhões de pontos podem ganhar mais eficiência. Atingida esta meta, o Governo Federal conseguirá reduzir a despesa dos municípios com iluminação

83 Vide Parte IV seção 3.2.1, sobre o Procel nas Escolas.

pública em aproximadamente R\$ 183 milhões por ano, com uma redução de 682 mil quilowatts (kW) e uma economia de 1,3 bilhões de kWh/ano. O Reluz prevê ainda a instalação de mais 1 milhão de pontos de iluminação no país.

O financiamento dos projetos é feito às concessionárias de energia elétrica — distribuidoras, transmissoras e geradoras — que, em articulação com as prefeituras municipais, executam os serviços. O valor do financiamento corresponde a até 75% do valor total do projeto. O restante constitui a contrapartida das concessionárias e das Prefeituras Municipais, que pode ser feita por meio de serviços próprios como transporte, mão-de-obra, e outros serviços necessários à execução dos projetos.

A implementação do Programa Reluz proporciona a melhoria das condições para o turismo, o comércio e o lazer noturnos; geração de novos empregos; aumento da qualidade de vida da população urbana; redução da demanda do sistema elétrico nacional, especialmente no horário de maior consumo; e contribui para o aumento da confiabilidade e da melhoria das condições de atendimento ao mercado consumidor de eletricidade.

### **Conpet**

O Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e Gás Natural – Conpet, instituído por decreto federal em 1991, é um programa do Ministério de Minas e Energia coordenado por representantes de órgãos do Governo Federal e da iniciativa privada, que compõem o Grupo Coordenador do Conpet. Cabe à Petrobras fornecer recursos técnicos, administrativos e financeiros ao programa. A Gerência Geral de Eficiência Energética e Emissões Atmosféricas/Suporte ao Conpet do SMS é o órgão da companhia que exerce a função de Secretaria Executiva do Conpet, sendo responsável por elaborar projetos, operacionalizar as estratégias, promover a articulação institucional e divulgar as ações do programa. Esta Gerência é ligada ao diretor da área de serviços da Petrobras que, conforme decreto presidencial é o Secretário Executivo do Conpet.

O principal objetivo do Conpet é incentivar o uso eficiente dos derivados do petróleo e gás natural no transporte, nas residências, no comércio, na indústria e na agropecuária.

O programa, com o apoio da Petrobras, estabelece convênios de cooperação técnica e parcerias com órgãos governamentais, não governamentais, representantes de entidades ligadas ao tema e também organiza e promove projetos. As ações do programa para racionalização do uso dos derivados do petróleo e do gás natural contribuem na articulação de estratégias econômicas, ambientais e institucionais.

A meta do Conpet é obter um ganho de eficiência energética no uso de derivados de petróleo e do gás natural, sem afetar o nível das atividades dos diversos setores da economia nacional. Assim, o Conpet vem desenvolvendo projetos nos setores transporte; industrial; residencial e comercial; agropecuário e geração de energia termelétrica.

### Setor Transporte

Transporte urbano de passageiros – implantação de 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 cerca de 35 empresas no estado do Rio de Janeiro engajadas no projeto de adoção de práticas e tecnologias de gerenciamento voltadas à redução do consumo de combustíveis.

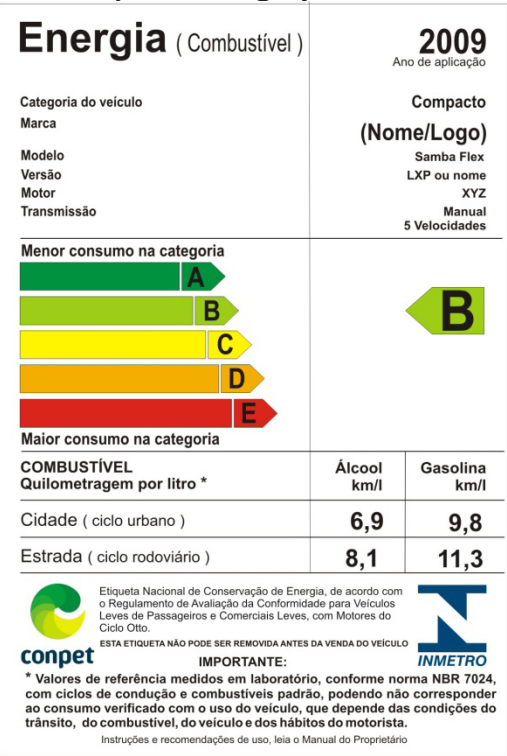
Projeto Economizar – criado em 1996 como instrumento de racionalização do uso da energia, objetivo prioritário da política energética do MME, o projeto promove a articulação de esforços do poder público com o setor privado, apoiando as empresas de transporte de cargas e passageiros na implementação de medidas para melhorar a gestão do uso do óleo diesel e na qualificação profissional de motoristas e mecânicos. O projeto teve parceria com a Confederação Nacional dos Transportes – CNT, até 2008. Durante esta parceria, o projeto atuou em 21 estados, com a participação de 14 entidades regionais (federações e sindicatos), 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 CO<sub>2</sub> não emitidos para a atmosfera. Atualmente, o Conpet tem convênio com os setores de carga dos estados do Paraná e Rio de Janeiro, e com o setor de passageiros do Rio de Janeiro.

Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular – com o objetivo de dar distinção ao veículo leve que apresente o melhor desempenho energético em sua categoria, o Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular, anunciado em novembro de 2008, foi regulamentado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – Inmetro, órgão vinculado ao Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior - MDIC, e desenvolvido em parceria com a Petrobras. O programa permite ao consumidor comparar características de eficiência energética dos carros, por meio da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia para veículos. A etiqueta é semelhante àquela utilizada em eletrodomésticos.



ticos e, por meio delas, os carros são classificados de A a E, sendo A o mais econômico (Figura 1.7).

Figura 1.7 Etiqueta Nacional de conservação de Energia para veículo



A adesão dos fabricantes de veículos e importadores ao programa é voluntária e renovável a cada ano. Ao decidir participar, a montadora deve informar, no manual do proprietário do veículo e nos pontos de venda, os dados do consumo de combustível e da eficiência energética dos modelos. Essas informações podem ser consultadas na etiqueta, afixada opcionalmente pelos fabricantes nos vidros dos carros. Os dados também estão disponíveis nos sites internet do Conpet<sup>84</sup> e do Inmetro<sup>85</sup>.

A busca pela eficiência energética veicular trará uma evolução tecnológica aos automóveis brasileiros, aumentando a competitividade desse segmento industrial e incrementando os ganhos econômicos, sociais e ambientais.

No âmbito do Programa Brasileiro de etiquetagem o Inmetro, em conjunto com o Conpet, está desenvolvendo a metodologia para classificar os pneumáticos segundo as performances: a) resistência ao rolamento - na medida em que é mais baixa, um menor consumo de combustível é verificado e uma menor quantidade de gases poluentes e partículas sólidas

são lançados na atmosfera; b) resistência ao desgaste - na medida em que é maior, uma menor quantidade de partículas sólidas é lançada na atmosfera, uma menor quantidade de pneus inservíveis é gerada e, por consequência, os recursos na natureza são preservados; e c) aderência ao solo - na medida em que é maior, um maior índice de segurança é atribuído ao pneu em utilização.

Projeto Transportar - é uma iniciativa pioneira criada para fornecer apoio técnico especializado, tendo como público-alvo os transportadores de combustíveis que utilizam o terminal de abastecimento das refinarias, por meio de ações de orientação e educação. O Projeto Transportar tem o objetivo de auxiliar os transportadores de combustíveis a reduzir a emissão de fumaça preta, por meio da utilização de opacímetros<sup>86</sup> certificados pelo Inmetro, aliado a processos metodológicos aprovados pela Petrobras em projetos no setor de transportes; melhorar a qualidade do ar; economizar óleo diesel; contribuir para a segurança do transporte de combustível, mantendo os caminhões-tanque sempre em boas condições; e difundir uma cultura de responsabilidade social.

Até julho de 2010, o Projeto Transportar fez mais de 16.000 avaliações em quase 4.000 veículos. Cerca de 450 empresas já participaram dos testes. Os esforços e o trabalho dedicado dos integrantes do projeto evitaram a emissão de 45.500 toneladas de CO<sub>2</sub>/ano (Tabela 1.6).

Tabela 1.6 Números do Projeto Transportar (até julho de 2010)

Tempo de operação	7 anos
Avaliações	16.231
Empresas Participantes	450
Avaliações dentro dos padrões de opacidade	12.700
Avaliações fora dos padrões de opacidade	3.531
Diesel economizado (l/ano) estimado	17.000.000
CO <sub>2</sub> não emitido (t/ano)	45.500
Particulados não emitidos (t/ano)	1020

Fonte: Conpet. Disponível em <<http://www.conpet.gov.br/>>.

84 Vide: <<http://www.conpet.gov.br/>>.

85 Vide: <<http://www.inmetro.gov.br/>>.

86 Instrumento portátil utilizado para medição da quantidade de material particulado (fumaça preta) emitido por veículos a diesel.

Setor Industrial

Programa Brasileiro de Etiquetagem - PBE e Etiquetagem de Aparelhos Domésticos e a Gás - o PBE é um programa de conservação de energia que, por meio de etiquetas informativas, visa a orientar o consumidor quanto à eficiência energética de alguns produtos comercializados no país. O programa tem como objetivo estimular a racionalização do consumo de energia por meio da utilização de produtos mais eficientes. A etiquetagem permite que o consumidor avalie os diversos produtos quanto ao seu rendimento energético e selecione os que lhe trarão maior economia durante sua utilização. A etiqueta do PBE contém além da classificação do produto quanto à eficiência energética, outras informações como marca, modelo, valor do consumo de energia (eletricidade ou gás) ou do rendimento energético (%), e algumas especificações técnicas (Figura 1.8).

Figura 1.8 Modelos de etiquetas para fogão e aquecedor a gás



Fonte: MME. Disponível em <[http://www.mme.gov.br/spe/menu/programas\\_projetos/programa\\_brasileiro\\_etiquetagem.html](http://www.mme.gov.br/spe/menu/programas_projetos/programa_brasileiro_etiquetagem.html)>.

Cerca de 5 milhões de fogões a gás são fabricados por ano no Brasil, sendo que aproximadamente 90% deles utilizam o Gás Liquefeito de Petróleo - GLP, também conhecido como gás de cozinha ou de botijão. Em relação ao consumo de derivados do petróleo e do gás natural nos setores residencial, comercial e público, o GLP é o principal energético utilizado, representando quase 90% do uso total de derivados neste segmento.

O Selo Conpet de eficiência energética (Figura 1.9) foi instruído para distinguir os equipamentos incluídos no Programa Brasileiro de Etiquetagem que apresentam o melhor desempenho em sua categoria e atende ao decreto presidencial que criou o selo verde de Eficiência Energética.

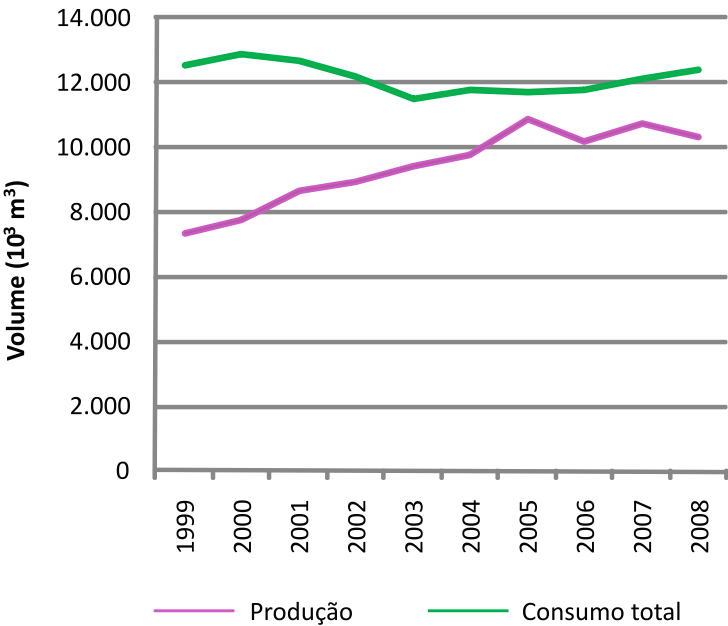
Figura 1.9 Selo Conpet de eficiência energética



Conforme o Balanço Energético Nacional – BEN (BRASIL, 2009b), o consumo residencial de GLP que vinha decrescendo desde o ano de 2000, apresentou em 2004 pequeno crescimento (2,1%), mantendo-se praticamente constante até 2007. Cerca de 13% dos domicílios com fogão a GLP dispõem, também, de fogão a lenha, possibilitando o retorno a esta fonte de energia a qualquer tempo. A Figura 1.10 mostra a evolução do consumo e produção do GLP no Brasil.

A produção (10,4 milhões de m³) de GLP, em 2008, apresentou déficit em relação à demanda (12,4 milhões de m³). Considerando somente o setor residencial, o consumo de GLP é da ordem de 10 milhões de m³/ano ou 5,2 milhões de t/ano. Estima-se que o programa tenha o potencial de economizar em torno de 1,4 milhões de m³ ou 780 mil toneladas de GLP anualmente, diminuindo a parcela de importação de GLP necessária para o abastecimento do mercado nacional (BRASIL, 2009b).

**Figura 1.10 Evolução do Consumo e Produção de GLP no Brasil: GLP (10<sup>3</sup>m<sup>3</sup>)**



*Programa de Eficiência Energética da Petrobras*

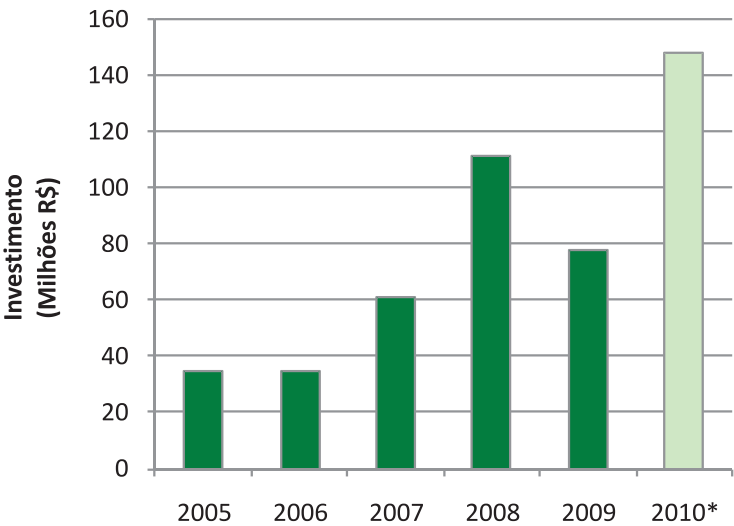
Em decorrência da primeira crise do petróleo, a Petrobras criou, a partir de 1974, os “grupos de trabalho de conservação de energia” nas refinarias e elaborou o Programa de Conservação de Energia.

A criação da Comissão Interna de Conservação de Energia – CICE<sup>87</sup> na estrutura de todos os órgãos e empresas da administração federal, direta e indireta, com atribuição de implementar ações conservação de energia e de projetos de melhoria em eficiência energética que visam a redução do consumo de energia elétrica e a redução do consumo de combustíveis em suas unidades.

A Petrobras, atualmente, tem instaladas 48 CICEs em suas unidades operacionais e subsidiárias. Com o apoio dessas comissões, a Petrobras investiu mais de R\$ 300 milhões nos últimos três anos no desenvolvimento e implementação de projetos de eficiência energética (Figura 1.11)

87 Decreto nº 99.656/1990.

**Figura 1.11 Investimentos no Programa de Eficiência Energética na Petrobras**



\*planejado Hyperion  
Fonte: Realização - SAP/BW e Planejamento - Hyperion.

Atualmente, a Petrobras mantém inúmeros projetos de eficiência energética associados aos seguintes programas:

- otimização e integração energética (melhor troca térmica entre correntes);
- unidades de cogeração e ciclo combinado;
- turboexpansores;
- controle avançado de processo;
- modernização das plantas existentes;
- adequação de equipamentos: variadores de velocidade e motores de maior rendimento;
- redução de perdas (vapor, condensado, águas etc.);
- redução de gás de tocha;
- padronização de projetos;
- padronização de sistemáticas operacionais; e
- P&D relacionado à tecnologia de eficiência energética.



## 1.4 Contribuição da Geração Hidrelétrica para a Redução das Emissões de Gases de Efeito Estufa

### Evolução da Geração de Energia Elétrica

O Brasil caracteriza-se por ser um país de dimensões continentais, contando com oito grandes bacias hidrográficas: bacia do rio Amazonas; bacia Tocantins-Araguaia; bacia do Atlântico Sul, trechos norte e nordeste; bacia do rio São Francisco; bacia do Atlântico Sul, trecho leste; bacia dos rio Paraná-Paraguai; bacia do rio Uruguai; e a do Atlântico Sul, trechos sul e sudeste<sup>88</sup>.

A produção hídrica em território brasileiro, compreendida como o escoamento anual médio dos rios que desaguam 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 Brasil possui quase 20% da água do planeta e 11,1% da produção hidrelétrica do mundo, com tendência de ser o maior produtor nos próximos 10 anos, caso mantenha o crescimento anual de 4,41%. O potencial hidráulico brasileiro é de 260 GW, mas apenas 78,7 GW são aproveitados, entretanto, esse potencial vem sendo cada vez mais explorado, como mostra a Tabela 1.7.

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 são suficientemente indicativos de uma predominância histórica da hidreletricidade no Brasil, como se pode ver na relação entre a geração de energia hidrelétrica e a geração total de energia mostrada na Tabela 1.7.

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 rio São Francisco, começou com a usina Paulo Afonso I (180 MW), na Bahia, seguida pela usina Três Marias (306 MW), em Minas Gerais. No rio Grande, 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 Paranapanema e Iguaçu. 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 da usina de Itaipu (atualmente 14.000 MW de potência instalada), em seu trecho internacional, bem como o aproveitamento do potencial da Amazônia, com a usina de Tucuruí (4.200 MW, iniciais) no rio Tocantins.

Tabela 1.7 Brasil - Capacidade Geradora de Energia Elétrica Instalada

Ano	Hidro (MW)	Total (MW)	H / T (%)
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
2000	61.063	73.712	82
2009	78.700	106.600	74

Fonte: BRASIL, 2001 e BRASIL, 2010.

Os estudos de planejamento da expansão dos sistemas elétricos, de âmbito regional, considerando a operação coordenada das usinas interligadas, foram iniciados em 1962, com a contratação do consórcio de consultores canadenses, norte-americanos e brasileiros, denominado CANAMBRA, contando com recursos do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD e do Governo Federal.

Os dados obtidos nessa pesquisa identificaram que 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,

88 Vide Parte I seção 1.1.3.

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:

- elevação dos preços dos combustíveis, com a consequente renovada pressão das importações sobre a balança de pagamentos;
- custos unitários menores de transmissão, valorizando potenciais mais afastados;
- 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 as usinas de Itaipu e Tucuruí.

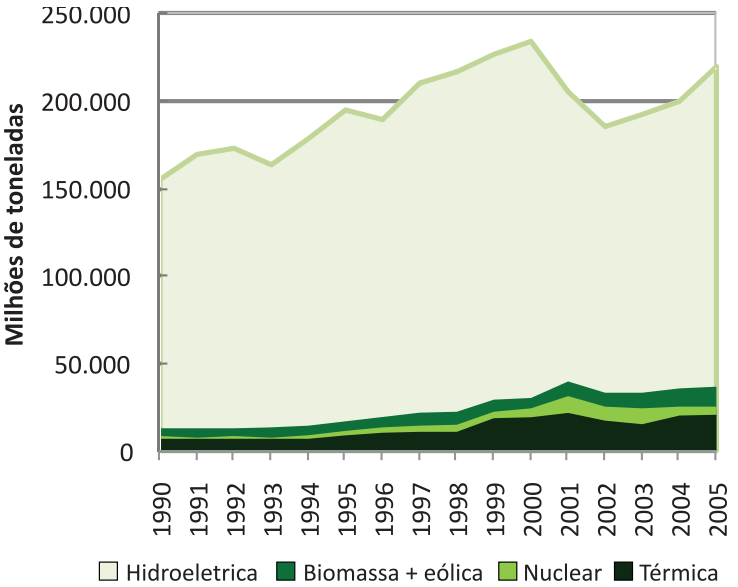
A indústria de energia elétrica também desenvolveu tecnologias no campo da construção e operação de grandes centrais hidrelétricas, bem como na operação de sistemas de transmissão a grandes distâncias e em corrente contínua. Seu parque gerador de eletricidade foi aumentado de 11 GW em 1970, para 30,2 GW em 1979 e superando os 106 GW em 2009. Somente em usinas hidrelétricas, a capacidade instalada atingiu em 2009 valor próximo a 79 GW. O reflexo dessas medidas pode ser observado claramente, seja pela re-

dução do grau de dependência externa de energia, seja pela evolução da matriz energética brasileira desde o início da década de 1980.

Em 2009, o mercado brasileiro de energia elétrica exigiu a produção de 466,2 TWh em centrais elétricas de serviço público e autoprodutoras. Dessa produção, 391 TWh, ou 84%, foram de origem hidráulica. 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 excepcional participação da hidreletricidade no atendimento de seus requisitos de energia elétrica.

Se a eletricidade gerada pelas fontes não emissoras de CO<sub>2</sub> fosse produzida por uma matriz hipotética de fontes fósseis, as emissões do setor de eletricidade seriam muito mais elevadas, como se pode observar na Figura 1.12.

**Figura 1.12 Emissões evitadas de CO<sub>2</sub> da geração elétrica por hidrelétrica**



Fonte: BRASIL, 2005.

## 1.5 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 - PCHs, 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 renováveis 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 fazendo uso de 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.

Espera-se que essa matriz seja diversificada também pela inclusão de outras formas de biomassa, energia eólica e pequenas centrais hidrelétricas. Todas essas fontes possuem grande potencial para elaboração de atividades de projeto de MDL.

Em agosto de 2010, as atividades de projetos de biomassa, energia eólica e pequenas centrais hidrelétricas desenvolvidas no âmbito do MDL e aprovadas pela Autoridade Nacional Designada adicionam 4.032 MW ao setor elétrico, existindo ainda um potencial significativo de ampliação dessa capacidade no futuro.

Um dos grandes obstáculos ao avanço da tecnologia da energia solar é o seu custo. De acordo com o Ministério de Minas e Energia (2009)<sup>89</sup>, em 2013, o valor do kWh produzido por módulos fotovoltaicos para residências será similar ao kWh gerado por outros tipos de fontes, em vários estados brasileiros.

### ***Histórico Recente das Fontes de energia renováveis***

No Brasil, a utilização das novas formas de energia renovável tomou maior ímpeto após a realização da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento - Rio-92. Desde então, foram implantados, até 2008, mais de 12 MW<sup>90</sup> de sistemas fotovoltaicos e 247,10 MW<sup>91</sup> 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 lito-

ral da região 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 cogeração de energia.

Em 1994, o MME e o MCT convocaram um “Encontro para Definição de Diretrizes para o Desenvolvimento de Energias Solar e Eólica no Brasil”, onde foram discutidas uma série de ações visando identificar mecanismos e propor mudanças de políticas governamentais que permitissem a disseminação do uso dessas formas de energia. Foi estabelecido um Foro Permanente para assegurar a implementação das diretrizes e criados Centros de Referência para as diversas tecnologias, que vieram posteriormente a se materializar, como o Centro de Referência em Energia Solar e Eólica - CRESEB, 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. Além das fontes já citadas, a energia solar também apresenta potencial para elaboração de atividades de projeto de MDL.

### ***Arcabouço Legal e Regulatório***

A lei, que instituiu<sup>92</sup> a ANEEL, disciplinou o regime das concessões de serviços públicos de energia elétrica e deu 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 (PCHs). Um decreto<sup>93</sup>, também de 1996, definiu e regulamentou a produção independente e a autoprodução de energia elétrica, modalidades importantes na geração de energia elétrica com fontes alternativas e renováveis.

Em 1998, foram dados incentivos particularmente importantes<sup>94</sup> 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

89 Vide: <[http://www.mme.gov.br/see/noticias/destaque1/destaque\\_0005.html](http://www.mme.gov.br/see/noticias/destaque1/destaque_0005.html)>.

90 Segundo a estimativa do Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos da Universidade de São Paulo.

91 Cf. Banco de Informações de Geração da ANEEL - <<http://www.aneel.gov.br>>.

92 Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996.

93 Já o decreto nº 2.003, de 10 de setembro de 1996.

94 Lei nº 9.648, de 27 de maio de 1998.



dispensadas de processos de licitação, sendo apenas objeto de autorização pela ANEEL.

A ANEEL<sup>95</sup>, estabeleceu, em 1999, 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 1999, o MME determinou que a Eletrobrás promovesse uma chamada pública para identificação dos excedentes de energia elétrica provenientes de cogeração, 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.

Ainda em 1999, a ANEEL<sup>96</sup> 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 para cada projeto pela ANEEL, com base no mercado atendido e na demanda reprimida existente, bem como na disponibilidade de energia de longo prazo do empreendimento.

Em conformidade com as disposições legais pertinentes<sup>97</sup>, e tendo em vista a compatibilidade das PCHs e demais fontes e

tecnologias alternativas de geração de energia elétrica com as características dos sistemas elétricos isolados, a 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 regionais<sup>98</sup>.

A ANEEL<sup>99</sup> também 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 décimo da receita operacional anual 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 receita operacional anual, 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.

Em 1999 foram estabelecidas<sup>100</sup> as condições gerais de contratação do acesso, compreendendo o uso e a conexão, aos sistemas de transmissão e de 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 (PCHs).

Outra resolução da ANEEL<sup>101</sup> estabeleceu os requisitos à qualificação de centrais cogeneradoras 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. Por outro lado, as usinas com combustíveis renováveis devem apresentar um rendimento na geração de energia elétrica de, pelo menos, 14%, 17% e 21% respectivamente para

98 Essa resolução foi alterada pela nova redação dada à Lei nº 9.648 pela Lei nº 10.438/2002.

99 Através da Resolução nº 261, de 3 de setembro de 1999.

100 Através da Resolução ANEEL nº 281, de 1 de outubro de 1999.

101 Resolução nº 21, de 20 de janeiro de 2000.

95 Através da Resolução nº 112, de 18 de maio de 1999.

96 Através da Resolução nº 245.

97 Principalmente o que estabelece o § 4º do art. 11 da Lei nº 9.648, de 1998.

as mesmas faixas, ou seja, 10 pontos percentuais 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 cogeração 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<sup>102</sup>, 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 do 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\$/MWh<sup>103</sup>, permite a viabilização de novos investimentos na expansão da oferta de energia (geração), com estímulo para as pequenas centrais hidrelétricas, fontes alternativas e cogeração.

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 valores do 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 do 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.

No que se refere à CCC, algumas dessas resoluções da ANEEL<sup>104</sup> foram alteradas<sup>105</sup>. Tal lei, entre outras disposições, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elé-

trica - 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 cogeração de energia, como descrito a seguir: a) estende a empreendimentos, com potência de até 30 MW, de geração eólica, à biomassa e à cogeração 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) estabelece 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<sup>106</sup> representou um marco no arcabouço regulatório do setor elétrico como um esforço organizado de promoção das novas fontes alternativas de energia, coordenado pelo Ministério de Minas e Energia - MME, e tendo como seu braço de implementação a Eletrobrás.

O Proinfa tem como objetivo aumentar a participação de energia elétrica produzida a partir das fontes de geração eólica, solar, pequena central hidrelétrica - PCH e biomassa. O Proinfa<sup>107</sup> inaugurou uma nova estratégia para a inserção sustentável das energias renováveis na matriz energética brasileira e reforçou a política brasileira de diversificação da matriz e de estímulo ao desenvolvimento de fontes renováveis de energia.

Na primeira fase do Proinfa, foram celebrados contratos, assegurando a compra de toda a energia a ser produzida por um período de 20 anos pela Eletrobras. Em fevereiro de 2005, o programa contratou, por meio da Eletrobrás, 144 centrais geradoras, contemplando 19 estados da Federação, num total de 3.299,40 MW de capacidade instalada. Os 3.299,40 MW contratados estão divididos em 1.191,24 MW provenientes de 63 Pequenas Centrais Hidrelétricas - PCHs, 1.422,92 MW de 54 usinas eólicas, e 685,24 MW de 27 usinas a base de biomassa.

106 Criado pela Lei nº 10.438/2002.

107 Regulamentado em 30 de março de 2004, momento em que se iniciou sua implementação.

102 Encontra-se na Resolução ANEEL nº 266, de 13 de agosto de 1998.

103 Para maiores informações *Vide*: <<http://www.aneel.gov.br>>.

104 Incluindo a Resolução nº 245.

105 Pela nova redação dada à Lei nº 9.648 pela Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002.

O Proinfa tem investimentos, predominantemente do setor privado, de R\$ 11 bilhões, e os principais agentes financiadores são o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES, Banco da Amazônia S.A. - BASA, Caixa Econômica Federal - CEF, Banco do Brasil S.A. - BB e o Banco do Nordeste do Brasil S.A. - BNB. A energia gerada do total dos empreendimentos é de aproximadamente 12.000 GWh/ano, quantidade capaz de abastecer cerca de 6,9 milhões de residências e equivalente a 3,2% do consumo total anual do país.

Com a implantação do programa, estima-se a redução da emissão de gases de efeito estufa da ordem de 2,8 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>e/ano ao incluir mais fontes limpas na produção de energia elétrica do país. O programa permite ainda a distribuição da produção de energia pelo Brasil, o que resulta em maior distribuição de empregos e renda entre os estados, além de propiciar a capacitação de técnicos e indústrias em novas tecnologias de geração de energia elétrica. Além da produção de energia a partir de fontes renováveis, o Proinfa, até a sua total implantação, deverá gerar mais de 150 mil empregos diretos e indiretos. Somente na região Nordeste, a expectativa é de geração de mais de 40 mil empregos.

Os principais resultados do Proinfa registrados até 2009 são: 144 projetos contratados (em 19 estados), com capacidade instalada de 3.300 GW, geração de energia de 12.096 GWh/ano, com investimentos de mais de 11 bilhões de reais. Além disso, o programa gerou 150.000 empregos diretos e indiretos<sup>108</sup>.

### **Pequenas Centrais Hidrelétricas**

No que diz respeito às PCHs, o país é extremamente bem equipado, detendo grande conhecimento técnico, capacidade de produção e recursos naturais. De acordo com o Centro de Referência em Pequenas Centrais Hidrelétricas - CERPCH, o interesse em construir novas usinas aumentou consideravelmente nos últimos anos, com um número crescente de solicitações anuais. Esse crescimento deveu-se primordialmente à introdução dos incentivos regulatórios, incluindo MDL, fazendo deslançar um programa maciço pelo setor privado.

Medidas vêm sendo tomadas para atrair a participação do setor privado para o desenvolvimento de hidrelétricas, assim como uma nova política de financiamento já implementada, com o BNDES passando a financiar até 80% dos custos.

De acordo com a ANEEL estão atualmente em operação 285 PCHs, com um total de 1.728 MW. Têm-se ainda 64 empreendimentos em construção (1.137 MW) e outros 180 outorgados

<sup>108</sup> Vide: <[http://www.mme.gov.br/programas/proinfa/galerias/arquivos/apresentacao/Situacao\\_usinas\\_PROINFA\\_AGO-2009.pdf](http://www.mme.gov.br/programas/proinfa/galerias/arquivos/apresentacao/Situacao_usinas_PROINFA_AGO-2009.pdf)>.

(2.700 MW). Estima-se que em 2030, ter-se-á uma capacidade instalada de cerca de 7.700 MW (PNE 2030 *apud* BRASIL, 2008).

No horizonte decenal, a evolução esperada em potência instalada é de cerca de 1.800 MW até o final de 2015 (PDEE 2006-2015), considerando 700 MW além dos 1.191,24 MW de PCHs contratados no Proinfa. A adesão em grande escala dos Produtores Independentes Autônomos - PIA<sup>109</sup> demonstrou a adesão de novos atores ao setor.

Para todo o Brasil está identificado um potencial de PCHs da ordem de 15.000 MW, em aproximadamente 3.000 aproveitamentos de 1 a 30 MW (PD 2006/15).

Além disso, deve ser considerado que as PCHs em operação no Brasil têm uma idade média de 60 anos. Como em sua época de implantação os projetos e regimes de operação não dispunham das informações hidrológicas hoje existentes, reside naqueles aproveitamentos razoável potencial de otimização. No curto prazo, um investimento relativamente pequeno ampliaria sua capacidade em 200 MW. As PCHs hoje fora de operação poderiam adicionar outros 156 MW de capacidade ao sistema.

No total, são 1.466 PCHs com 684 MW de potência que poderiam ser repotencializadas. Estima-se que o potencial hídrico restante que poderia ser explorado por meio das pequenas centrais hidrelétricas é da ordem de 7.000 MW (BRASIL, 2008).

A elaboração de atividades de projeto de MDL através da construção de PCHs no Brasil apresenta resultados consideráveis. Até o primeiro semestre de 2010, encontravam-se registrados 63 atividades de projeto de PCHs no âmbito do MDL no país, resultando em uma redução total de 23.366.955 tCO<sub>2</sub>e. A implementação desses projetos gerou uma capacidade adicional instalada de 807 MW no país.

### **Uso Moderno da Biomassa e Cogeração**

A introdução de alguns dos incentivos mencionados acima reverterá a 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

<sup>109</sup> Conforme definição da Lei nº 10.438/02. Produtor Independente Autônomo - PIA: um produtor independente de energia elétrica é considerado autônomo quando sua sociedade, não sendo ela própria concessionária de qualquer espécie, não é controlada ou coligada de concessionária de serviço público ou de uso de bem público de geração, transmissão ou distribuição de energia elétrica, nem de seus controladores ou de outra sociedade controlada ou coligada com o controlador comum, conforme o § 1º do art. 3º da Lei nº 10.438, de 2002.



uma disponibilidade energética da ordem de 37,5 milhões de tep anuais, equivalentes a 747 mil barris diários de petróleo, praticamente não aproveitada.

Qualquer matéria orgânica que possa ser transformada em energia mecânica, térmica ou elétrica é classificada como biomassa. De acordo com a sua origem, pode ser: florestal (madeira, principalmente), agrícola (soja, arroz e cana-de-açúcar, entre outras) e rejeitos urbanos e industriais (sólidos ou líquidos, como o lixo).

A biomassa é uma das fontes para produção de energia com maior potencial de crescimento nos próximos anos. Tanto no mercado internacional quanto no interno, é considerada uma das principais alternativas para a diversificação da matriz energética e a consequente redução da dependência dos combustíveis fósseis. Dela é possível obter energia elétrica e biocombustíveis, como o biodiesel e o etanol, cujo consumo é crescente em substituição a derivados de petróleo como o óleo diesel e a gasolina.

No Brasil, em 2009, a biomassa, com participação de 32% na matriz energética, foi a segunda principal fonte de energia, superada apenas por petróleo e derivados. Ela ocupou a mesma posição entre as fontes de energia elétrica de origem interna, ao responder por 5,4% da oferta. Só foi superada pela hidreletricidade, que foi responsável pela produção de 77,4% da oferta total (BRASIL, 2010).

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.

A utilização da biomassa como fonte de energia elétrica tem sido crescente no Brasil, principalmente em sistemas de cogeração (pela qual é possível obter energia térmica e elétrica) dos setores industrial e de serviços. Em 2009, ela foi responsável pela oferta de 27,4 TWh (terawatts-hora), segundo o Balanço Energético Nacional (BRASIL, 2010). Este volume foi 17,5% superior ao de 2008 e, ao corresponder a 5,4% da oferta total de energia elétrica, obteve a segunda posição na matriz da eletricidade nacional. Na relação das fontes internas, a biomassa só foi superada pela hidreletricidade, com participação de 84% (incluindo importação). De acordo com o Banco de Informações de Geração da ANEEL, em novembro de 2008 existiam 302 termelétricas movidas

à biomassa no país, que correspondem a um total de 5,7 mil MW instalados<sup>110</sup>.

O bagaço de cana e a lúxiva 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 Nacional de Energia – PNE 2030<sup>111</sup> estimou em cerca de 140 milhões de toneladas (matéria seca) a produção de bagaço e palha da cana, em partes iguais, em 2010. O Plano Decenal de Expansão 2000-2009 estimou o potencial técnico de cogeração 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<sup>112</sup> MW. Já no setor de papel e celulose, existem 718 MW em operação, sendo que outros 930 MW poderiam ser obtidos no setor.

Até o primeiro semestre de 2010, encontravam-se registradas 42 atividades de projeto de MDL no Brasil baseados no uso de biomassa (sem contar com os projetos que utilizam bagaço de cana), com potencial de emissões evitadas de 8.412.774 tCO<sub>2</sub>e uma redução total: de 60.223.404 tCO<sub>2</sub>e. Além disso, a capacidade total instalada das atividades de projeto no âmbito do MDL aprovadas no país na área de cogeração com biomassa é de 1.211MW.

### ***Bagaço de 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.

As usinas necessitam de pouca energia elétrica e mecânica, com relação à térmica, nos seus processos; além disso, até o início desta década, a legislação praticamente impossibilitava a venda de excedentes de energia. Por esses motivos, os sistemas de cogeração atuais convertem apenas cerca de 4%<sup>113</sup> da energia do bagaço para energia elétrica e mecânica, usando a maior parte do restante como energia térmica. Essa

110 Vide: <[http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas\\_par2\\_cap4.pdf](http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas_par2_cap4.pdf)>.

111 O Plano Nacional de Energia – PNE 2030 é o primeiro estudo de planejamento integrado dos recursos energéticos realizado no âmbito do governo brasileiro. Conduzidos pela Empresa de Pesquisa Energética – EPE em estreita vinculação com o Ministério de Minas e Energia. Vide: <<http://www.epe.gov.br/PNE/Forms/empreendimento.aspx>>.

112 Vide: Banco de Informações de Geração da ANEEL – <<http://www.aneel.gov.br>>.

113 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).

situação está mudando rapidamente, em função da possibilidade de 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 cogeração durante todo o ano utilizando os resíduos (folhas e pontas). A tecnologia de gaseificação/turbina a gás - BIG/GT pode elevar os níveis de conversão de bagaço para eletricidade para valores acima de 27% (BRASIL, 2008). 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 cogeração a bagaço de cana pode ser vista na Tabela 1.8. Os valores de Energia Total e Potência Efetiva, calculados para o Brasil, foram estimados para a produção de cana de 2009 (630 milhões de toneladas). Estes potenciais poderão ser gradualmente atingidos ao longo da década, para as tecnologias comerciais (cogeração com ciclos de vapor); o avanço de ciclos com gasificação depende de desenvolvimentos tecnológicos, e pode começar na próxima década.

O Centro de Tecnologia Coopersucar - CTC completou em 2005, o projeto *Biomass Power Generation: Sugar Cane Bagasse and Trash*<sup>114</sup>, desenvolvido sob coordenação do Ministério da Ciência e Tecnologia e do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD, com apoio financeiro do Fundo Global para o Meio Ambiente - GEF (sigla em Inglês de *Global Environment Facility*). Esse projeto teve por objetivo 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. Para isso, foi estabelecida uma programação extensiva, que pretendeu avaliar todas as etapas do processo, desde a colheita da cana e recuperação da palha (qualidade, disponibilidade) até os processos de gaseificação em desenvolvimento, e sua integração com usinas e impactos ambientais.

O referido projeto, identificado no PNUD Brasil como BRA/96/G31, demonstrou um significativo potencial de impacto, uma vez que o excedente da geração elétrica em usinas de açúcar/álcool pode ser aumentado em 5 vezes com o uso da tecnologia BIG-GT (sigla em inglês de *Biomass Integrated Gasification - Gas Turbine*)<sup>115</sup> e os resíduos podem ser usa-

114 Vide: <<http://www.gefonline.org/projectDetailsSQL.cfm?projID=338>>.

115 Tecnologia de gaseificação integrada a uma turbina a gás, operando em ciclo combinado. O processo de gaseificação é a transformação de resíduo sólido em combustível de forma gasosa (gás), semelhante ao gás natural, por meio de reações termoquímicas que preveem o estado de equilíbrio das reações básicas envolvidas na gaseificação pelos parâmetros de pressão, temperatura,

dos como combustível suplementar ao bagaço. A tecnologia poderia ser replicada rápida e amplamente, considerando o tamanho da indústria de cana-de-açúcar no país e no mundo.

Tabela 1.8 Cogeração em usinas: convencional e com gaseificação(a)

	Consumo no processo		Energia Excedente 80% Brasil (TWh) (e)	Potência Efetiva, Brasil (GW)	
	Atual 500 (kg. de vapor/t. cana) <sup>(f)</sup>	Reduzido 340 (kg. de vapor/t. cana)		Safr(a) (d)	Anual (d)
	Energia, (kWh/t. cana)				
Cogeração, vapor 100% do bagaço	57	69	29.9 - 16.6	6.8 - 8.4	
Cogeração, vapor Bagaço + 25% palha (b)	88	100	46.4 - 52.8		5.3 - 5.9
Cogeração, vapor Bagaço + 40% palha	115	126	60.7 - 66.4		6.8 - 7.5
BIG – GT (parcial) (a,c) Bagaço + 40% palha		167	88.0		10.1

(a) Cogeração 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 totalmente disponível; valores crescentes nos próximos anos.

(c) BIG - GT parcial: parte do bagaço ainda é queimado em caldeiras, não gaseificado. 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 serão utilizados, por vários motivos.

(f) Energia térmica, hoje ~ 500 kg vapor/t cana (330 kWh/t. cana).

Fonte: Elaborado por MACEDO, I. C. (Universidade de Campinas - Unicamp).

No tocante à avaliação de emissão de CO<sub>2</sub>, o projeto considerou como base a colheita de cana queimada (cenário de referência: 100% da cana queimada antes da colheita; 10t de matéria seca/ha colhida de palha e auto-suficiência em energia) e estipulou um cenário futuro (55% da cana sem queimar, recuperação de 100% ou 50% da palha referente a essa cana, dependendo da rota de colheita). Foram estabelecidas três hipóteses de rota de colheita, especificadas na Tabela 1.9.

Na última coluna da Tabela 1.9, verifica-se a redução hipo-

umidade do combustível e o teor de oxigênio no agente gaseificador. O sistema BIG-GT possibilita alta eficiência elétrica (acima de 40%) com gaseificação de biomassa no sistema de alta pressão, além de ciclo combinado que maximiza o uso do bagaço - diminuindo o consumo de vapor no processo da usina. No sistema convencional de ciclo a vapor de média pressão, a eficiência elétrica fica entre 15 e 30%.

tética de emissões de CO<sub>2</sub> que poderia ser atingida no Brasil com a tecnologia BIG-GT implantada, de acordo com os cenários adotados. Os cenários consideraram ainda 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-açúcar;<sup>116</sup> mas os valores do IPCC foram utilizados

116 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.

para estimar a redução de emissão de CH<sub>4</sub>, CO e N<sub>2</sub>O com colheita parcial (55%) da cana sem queima. Os resultados são para 300 milhões de t cana/ano; hoje a produção atinge 600 milhões de t/ano.

O bagaço de cana-de-açúcar representa uma excelente oportunidade para atividades de projeto de MDL, sendo a principal fonte dentre os tipos de biomassa. O Brasil possui 77 atividades de projeto, que correspondem a uma emissão evitada de 2.683.056 tCO<sub>2</sub>e/ano, o que, até o primeiro semestre de 2010, representa uma redução total de 19.452.342 tCO<sub>2</sub>e.

Tabela 1.9 Diferenças na emissão de CO<sub>2</sub> entre a situação futura e de referência

Rotas	Diesel usado na agricultura (kg CO <sub>2</sub> /t cana)	Substituição de combustível fóssil (kg CO <sub>2</sub> /t cana)	Diferença na emissão total (kg CO <sub>2</sub> /t cana)	Brasil: 300 x 10 <sup>6</sup> t cana/ano (10 <sup>6</sup> t CO <sub>2</sub> /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.

Fonte: Biomass Power Generation: Sugar Cane Bagasse and Trash Project. Disponível em <<http://www.gefonline.org/projectDetailsSQL.cfm?projID=338>>.

Energia Solar Fotovoltaica

Assim como ocorre com os ventos, o Brasil é privilegiado em termos de radiação solar. O Plano Nacional de Energia 2030 reproduz dados do “Atlas Solarimétrico do Brasil” e registra que essa radiação varia de 8 a 22 MJ/m<sup>2</sup> durante o dia, sendo que as menores variações ocorrem nos meses de maio a julho, variando de 8 a 18 MJ/m<sup>2</sup>. Além disso, complementa o estudo, a região Nordeste possui radiação comparável às melhores regiões do mundo, o que não ocorre com outras localidades mais distantes da linha do Equador, como as regiões Sul e Sudeste, onde está concentrada a maior parte da atividade econômica. A Figura 1.13 ilustra esta variação.

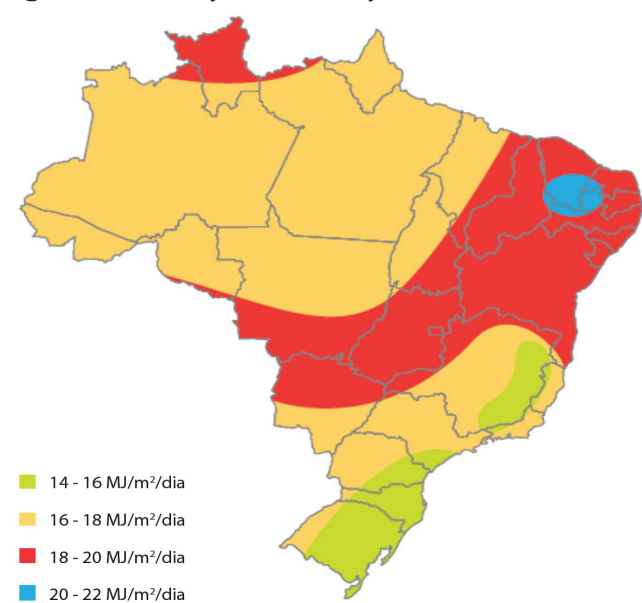
Apesar desse potencial e do uso de aquecedores solares estar bastante difundido em cidades do interior e na zona rural, a participação da energia solar na matriz energética nacional é bastante reduzida, tanto que essa não chega a ser citada na relação de fontes que integram o BEN 2009. Também no Banco de Informações de Geração - BIG, da ANEEL, consta apenas uma

usina fotovoltaica – Araras, no município de Nova Marmaré, no estado de Rondônia, com potência instalada de 20,48 kW<sup>117</sup>. O BIG não registra qualquer outro empreendimento fotovoltaico em construção ou já outorgado. O que existe no país são pesquisas e implantação de projetos pilotos da tecnologia. Um deles é o projeto Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares, da Universidade de São Paulo - USP, que instalou 19 sistemas fotovoltaicos na comunidade de São Francisco de Aiuca, localizada na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, no estado do Amazonas, com produção de 13 kWh mensais. A expectativa é que a expansão do número de usinas solares ocorra exatamente na zona rural, como integrante de projetos de universalização do atendimento focados em comunidades mais pobres e localizadas a grande distância das redes de distribuição.

117 Vide: <[http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas\\_par2\\_cap5.pdf](http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas_par2_cap5.pdf)>.



Figura 1.13 Variação da Radiação Solar no Brasil



Fonte: BRASIL, 2007.

O Programa Luz para Todos<sup>118</sup>, lançado em 2003 pelo Ministério de Minas e Energia, instalou diversos sistemas fotovoltaicos no estado da Bahia. Com o objetivo de levar energia elétrica a uma população superior a 10 milhões de pessoas que residem no interior do país, ele contempla o atendimento das demandas do meio rural por meio de três tipos de iniciativas: extensão da rede das distribuidoras, sistemas de geração descentralizada com redes isoladas e sistemas de geração individuais.

Além disso, iniciativas de uso da energia solar fotovoltaica que merecem destaque estão sendo coordenadas por algumas 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.

Espera-se que haja um crescimento significativo dessa participação da energia solar na geração de energia elétrica nos próximos anos, sobretudo nos sistemas conectados, com o avanço da tecnologia. Deve-se mencionar que os sistemas conectados à rede operam com fator de capa-

cidade 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).

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. 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 a 30% verificado nos últimos anos.

Energia Eólica

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.

Ao longo de todo esse período, foram criados diversos grupos e projetos com destaque para o Centro Técnico Aeroespacial - CTA, Universidade Federal da Paraíba - UFPB, Universidade de Campinas - UNICAMP, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG e CEPEL. Ao mesmo tempo, concessionárias de energia iniciaram inventários de potencial eólico.

Mais recentemente, na área da energia eólica, vários estados iniciaram medições de vento, a exemplo de Minas Gerais, Ceará, Bahia, Paraná e Santa Catarina, os quais se encontram em diferentes estágios de negociação para implantação de projetos eólicos conectados à rede. Os projetos mais promissores estão localizados no Ceará, no Rio Grande do Norte e no Paraná.

Boas oportunidades para o país estão na integração ao sistema interligado de grandes blocos de geração no litoral das regiões Norte e Nordeste. Na região Sul do Brasil, em particular no Rio Grande do Sul, também foram identificados excelentes ventos para a produção de energia. Na análise das oportunidades de aplicação da energia no Brasil, deve-se levar em conta a possibilidade de operação integrada ao sistema hidráulico do país.

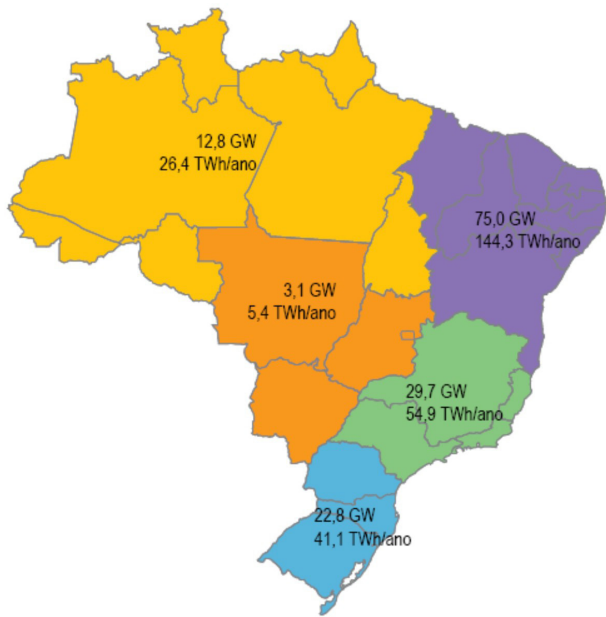
118 Vide nesta Parte seção 1.6, sobre o Programa Luz para Todos.

O Brasil é favorecido em termos de ventos, que se caracterizam por uma presença duas vezes superior à média mundial e pela volatilidade de 5% (oscilação da velocidade), o que dá maior previsibilidade ao volume a ser produzido. Além disso, como a velocidade costuma ser maior em períodos de estiagem, é possível operar as usinas eólicas em sistema complementar com as usinas hidrelétricas, de forma a preservar a água dos reservatórios em períodos de poucas chuvas. Sua operação permitiria, portanto, a “estocagem” da energia elétrica.

Estimativas constantes no “Atlas do Potencial Eólico”, de 2001 (último estudo realizado a respeito), apontam para um potencial de geração de energia eólica de 143 mil MW no Brasil.

A Figura 1.14 mostra que as regiões com maior potencial eólico medido são a região Nordeste, principalmente no litoral (75 GW); Sudeste, particularmente no Vale do Jequitinhonha (29,7 GW); e Sul (22,8 GW), região em que está instalado o maior parque eólico do país, o de Osório, no Rio Grande do Sul, com 150 MW de potência. Mas, no país, o vento é utilizado principalmente para produzir energia mecânica utilizada no bombeamento de água na irrigação.

Figura 1.14 Potencial eólico brasileiro por região geográfica



Fonte: BRASIL, 2007.

Em 2008, o Brasil apresentava cerca de 247 MW de potência eólica instalada, um valor bastante modesto se comparado com o potencial estimado. O “Atlas do Potencial Eólico” brasileiro, elaborado pelo CEPEL, com financiamento do MME e da Eletrobrás, mostra um enorme potencial natural, da ordem de 143 GW, que pode se tornar uma alternativa

importante para a diversificação do *mix* de geração de eletricidade no país.

A energia eólica é uma das fontes alternativas que mais cresce no mundo e cujos avanços tecnológicos estão rapidamente entrando no mercado. O país precisa acompanhar mais agressivamente estes avanços<sup>119</sup>.

Encontram-se registradas 9 atividades de projeto de MDL baseadas em energia eólica no Brasil, que representam redução de emissões 3.438.566 tCO<sub>2</sub>e.

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, rumo à construção de melhoria das condições de vida de suas populações mais carentes e à supressão das fortes disparidades regionais existentes. A eletrificação de pequenas comunidades isoladas se depara com os altos custos das linhas de transmissão, do transporte de óleo diesel e com o baixo poder aquisitivo de integrantes dessas comunidades.

Para a região Norte do país, que possui as propriedades rurais menos atendidas por energia elétrica - 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.

Um exemplo disso foi o projeto com o objetivo de geração e distribuição de energia elétrica para a comunidade Vila Boa Esperança, Município de Moju - PA, constituída de 200 casas com um número total de 1.000 moradores, por meio da implantação de uma micro-usina de extração de óleo de dendê, produzido na própria comunidade, usado como combustível em um grupo motor-gerador “multicombustível”. A instalação permitiu a eletrificação das residências, da escola pública e o estabelecimento da iluminação pública. Em função des

119 Vide Parte IV, seção 1 sobre Transferência de Tecnologia.

ses serviços, podem ser constatadas significativas melhorias na vida socioeconômica e cultural da comunidade. A eletrificação da escola pública permitiu o seu funcionamento no período noturno com curso de alfabetização de adultos e a alteração de alguns hábitos sociais.

A opção pelo óleo de dendê deve-se ao fato de o dendezeiro ser a oleaginosa de maior rendimento por hectare plantado, com a produtividade de 3 a 5t óleo/ha/ano, enquanto que a produtividade da soja, por exemplo, é da ordem de 0,4 a 0,5t óleo/ha/ano. Além disso, as condições edafoclimáticas da região Amazônica permitem uma fácil adaptação dessa oleaginosa de origem africana.

Mais recentemente, o programa nacional de biocombustíveis está procurando aglutinar essas iniciativas.

### ***Biogás e Gestão de Resíduos***

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 à 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.

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, sendo comuns os

aterros entre dez e vinte camadas, reunindo de quinze a trinta milhões de toneladas de lixo.

A Prefeitura de São Paulo, por meio da Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente, iniciou em 1998 um processo licitatório visando a concessão de áreas de aterros sanitários municipais (considerando que existem 7 aterros) para a exploração do metano neles gerado. Foram licitados dois projetos de aterros em operação, com uma capacidade máxima instalada em torno de 20 MW cada, sendo previsto que metade dessa potência deverá ser destinada ao fornecimento de 50% da energia consumida pela Prefeitura de São Paulo.

O processo anaeróbio 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 utilizado na 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 termelétrica.

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.

Os aterros sanitários e o tratamento anaeróbio de esgoto e águas residuais são as duas maiores fontes deste tipo de pro-



dução de metano. Em cada caso, a matéria orgânica contida nos resíduos é decomposta pela ação de bactérias metanogênicas, que produzem o biogás composto principalmente de metano e gás carbônico.

O biogás recuperado durante o processo de digestão anaeróbia pode ser queimado reduzindo as emissões de gases de efeito estufa ou também sofrer combustão em motores específicos para a geração de energia.

O aproveitamento de biogás em aterros sanitários no país tornou-se uma realidade com a oportunidade do MDL. Até agosto de 2010, havia 36 atividades de projeto de MDL em aterros sanitários no Brasil, correspondendo a 8% do número de atividades de projeto de MDL no país, com uma redução anual de emissões de 11.327.606 de tCO<sub>2</sub>e e com uma redução de emissão no 1º período de obtenção de crédito de 84.210.095 de tCO<sub>2</sub>e<sup>120</sup>. Além das atividades de projeto de MDL em aterros sanitários, 74 atividades de projeto e um programa de atividades de MDL realizadas na área de suinocultura apresentavam uma redução de 39 milhões de tCO<sub>2</sub>e e mais 17 atividades de projeto de MDL relacionadas a outros tratamento de resíduos sólidos e efluentes líquidos representavam uma redução de 5 milhões de tCO<sub>2</sub>e.

Assim, essas 127 atividades de projeto de MDL já totalizam uma redução de 128 milhões de tCO<sub>2</sub>e e uma redução anual de 16,1 milhões de tCO<sub>2</sub>e, promovendo o manejo responsável de dejetos e a conscientização do empresariado em tornar seus negócios sustentáveis<sup>121</sup>.

## 1.6 Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica - Programa Luz para Todos

Seguindo a evolução do desenvolvimento de programas para universalização do acesso e uso de energia elétrica no Brasil, o Governo Federal lançou, em novembro de 2003, o programa “Luz para Todos”, que teve como meta inicial levar energia elétrica para mais de 10 milhões de pessoas do meio rural até o ano de 2008. Essa meta foi atingida em 2009. Durante a execução do Programa, famílias sem energia elétrica em casa foram localizadas e, em função do surgimento de um grande número de demandas, o Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso a Energia Elétrica foi prorrogado para ser concluído no ano de 2010<sup>122</sup>, tendo aumentado a meta para 12 milhões de pessoas.

120 Vide: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/77650.html>>.

121 Vide: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/4007.html>>.

122 Vide: <[http://luzparatodos.mme.gov.br/luzparatodos/Asp/o\\_programa.asp](http://luzparatodos.mme.gov.br/luzparatodos/Asp/o_programa.asp)>.

O “Luz para Todos” foi implementado em substituição ao Programa “Luz no Campo”, que teve como objetivo levar energia elétrica a 1 milhão de famílias em áreas rurais até 2003. Além disso, o “Luz para Todos” incorporou outro programa, o Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios - PRODEEM, que foi instituído em 1994 e visava a atender as localidades isoladas não supridas de energia elétrica pela rede convencional, obtendo essa energia de fontes renováveis locais, de modo a promover o desenvolvimento social e econômico dessas localidades<sup>123</sup>.

O programa “Luz para Todos” é coordenado pelo Ministério de Minas e Energia, operacionalizado pela Eletrobrás e executada pelas concessionárias de energia elétrica e cooperativas de eletrificação rural. A gestão do “Luz para Todos” é partilhada com todos os órgãos interessados: governos estaduais, distribuidoras de energia, ministérios<sup>124</sup>, agentes do setor e comunidades. Com os governos estaduais, foram assinados protocolos de adesão ao programa. Além de participarem da gestão do programa, os governos estaduais também entram com recursos para a eletrificação das comunidades. Os agentes comunitários têm a responsabilidade de ajudar a identificar as demandas e as vocações produtivas da região, informar sobre o programa, prestar assistência e orientar sobre o uso da energia e também auxiliar na fiscalização.

Para o atendimento da meta inicial, foram investidos R\$ 20 bilhões. O Governo Federal destinou R\$ 14,3 bilhões e o restante foi partilhado entre governos estaduais e as empresas de energia elétrica. Os recursos federais são provenientes de fundos setoriais de energia, a Conta de Desenvolvimento Energético - CDE e a Reserva Global de Reversão - RGR.

O mapa da exclusão elétrica no país revela que as famílias sem acesso à energia estão majoritariamente nas localidades de menor Índice de Desenvolvimento Humano - IDH e nas famílias de baixa renda. Cerca de 90% destas famílias têm renda inferior a três salários-mínimos e 80% estão no meio rural. Por isso, o objetivo do governo é utilizar a energia como vetor de desenvolvimento social e econômico destas comunidades.

A chegada da energia elétrica está contribuindo para o desenvolvimento econômico e social das áreas beneficiadas. O programa também tem facilitado a integração das iniciativas públicas no meio rural, tanto no que diz respeito aos programas sociais e ações de atendimento de serviços bá

123 O PRODEEM foi descrito na Comunicação Nacional Inicial do Brasil à Convenção.

124 O Ministério de Minas e Energia já assinou protocolos com os ministérios de Desenvolvimento Agrário; Agricultura, Pecuária e Abastecimento; Desenvolvimento Social e Combate à Fome; Educação; Saúde; Defesa; e Ciência e Tecnologia para que o acesso à energia seja acompanhado de programas sociais e de desenvolvimento econômico.

sicos (educação, saúde, abastecimento de água) quanto às políticas de incentivo à agricultura familiar, aos pequenos produtores e comerciantes locais. O objetivo do programa é que o acesso à energia elétrica contribua para a diminuição da pobreza e aumento de renda das famílias atendidas.

A Eletrobrás estima que aproximadamente 300 mil empregos diretos e indiretos são gerados em consequência da implementação do “Luz para Todos”, uma vez que é dada prioridade ao uso da mão-de-obra local e à compra de materiais e equipamentos nacionais fabricados nas regiões próximas às localidades atendidas.

Devem ser salientados, também, os resultados em termos das reduções das emissões de gases de efeito estufa decorrentes deste programa. Quase metade dos atendidos pelo “Luz para Todos” deixou de utilizar outras fontes de energia, mais emissoras, como diesel, gasolina, querosene ou carvão.

No plano internacional, o programa “Luz para Todos” é considerado um modelo a ser seguido, principalmente por países em desenvolvimento, e vai ao encontro das posições defendidas pelo Brasil, nos mais diversos foros, nas áreas de energia e desenvolvimento sustentável.

## 1.7 Hidrogênio

O hidrogênio é o elemento mais simples e mais abundante do universo. Possui a maior quantidade de energia por unidade de massa que qualquer outro combustível conhecido 61.000 BTU/lb (ou 33,8 Kcal/Kg). Normalmente existe combinado com outros elementos, tais como oxigênio e carbono. Como é quimicamente muito ativo, raramente permanece sozinho como um único elemento.

Atualmente, o hidrogênio é produzido e usado para fins não energéticos. A experiência desta produção e uso traz informações para a análise das possibilidades futuras do hidrogênio, como vetor energético, a ser usado nas células a combustível para geração de energia elétrica.

O Brasil possui um programa de P&D para sistemas de Célula a Combustível, o qual tem, como uma das linhas de pesquisas prioritárias, a produção de hidrogênio a partir de fontes renováveis.

### 1.7.1 ProH<sub>2</sub> - Programa de Ciência, Tecnologia e Inovação para a Economia do Hidrogênio

Em 2002, o Ministério da Ciência e Tecnologia criou o Programa Brasileiro de Hidrogênio e Sistemas de Células a Combustível – ProCaC, hoje denominado Programa de Ciência e Tecnologia para Economia do Hidrogênio - ProH<sub>2</sub>.

Esse programa foi estruturado na forma de redes cooperativas de P&D, promovendo a coordenação das ações e projetos de cada instituição, de modo a compartilhar a infra-estrutura já estabelecida, fomentar a capacitação de recursos humanos, garantir o intercâmbio de conhecimentos a partir de sistemas de informação e incentivar a participação de empresas.

O Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN<sup>125</sup> participa ativamente do ProH<sub>2</sub>. Em seu Centro de Células a Combustível e Hidrogênio são desenvolvidos estudos estratégicos em quatro áreas de pesquisa:

- Célula a Combustível tipo Membrana Condutora de Prótons – PEMFC (da sigla em inglês *Proton Exchange Fuel Cell*) – Nesse segmento as pesquisas envolvem o domínio da tecnologia de células combustíveis tipo PEMFC em escala laboratorial, avaliando-se a influência de vários parâmetros no desempenho de células unitárias. Além disso, as pesquisas em andamento estão direcionadas para o desenvolvimento de protótipos de baixa potência para aplicações estacionárias;
- Células a Combustível de Óxidos Sólidos – SOFC (da sigla em inglês *Solid Oxid Fuel Cell*) – Nessa área os estudos são dirigidos ao desenvolvimento de materiais com propriedades otimizadas para SOFC; ao desenvolvimento de processos de conformação e fabricação de componentes; e à pesquisa e desenvolvimento de novos materiais para SOFC;
- Reforma – Essa área de pesquisa está voltada à reforma de combustíveis primários para geração de hidrogênio destinada ao uso em células a combustível. Três grandes projetos estão sendo executados: processo para obtenção de hidrogênio por decomposição catalítica de amônia para aplicação em célula a combustível; obtenção de hidrogênio a partir da reforma a vapor do etanol a ser usado em célula a combustível; e produção de biogás a partir de biomassa; e
- Desenvolvimento de sistemas associados à tecnologia de células a combustível e seus periféricos e acessórios.

Após sete anos do início das pesquisas, o IPEN conta, atualmente, com mais de 50 profissionais, em regime integral ou parcial, entre pesquisadores, tecnólogos, bolsistas de iniciação científica, mestrado, doutorado e pós-doutorado. Seis laboratórios estão em operação atuando em P&D, nas áreas de células a combustível polimérica (2) e de óxidos sólidos

<sup>125</sup> Autarquia do governo do estado de São Paulo, vinculada à Secretaria de Desenvolvimento. O IPEN é gerenciado técnica, administrativa e financeiramente pela Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN, autarquia federal vinculada ao Ministério da Ciência e Tecnologia.

(2), sistemas de células a combustível (1) e produção de hidrogênio (1). Oito cursos de pós-graduação são ministrados, já foram concluídos 10 mestrados e 7 doutorados, e mais de 30 orientações acadêmicas estão em andamento. Os desenvolvimentos do programa já resultaram em 11 patentes depositadas e mais de 50 de publicações em revistas indexadas, além de várias participações em eventos nacionais e internacionais.

### 1.7.2 Projetos de Ônibus Brasileiro a Hidrogênio

Lançado em 2006, o Projeto Ônibus Brasileiro a Hidrogênio consiste na aquisição, operação e manutenção de até cinco ônibus com célula a combustível a hidrogênio. Contempla ainda a instalação de uma estação de produção de hidrogênio por eletrólise a partir da água e abastecimento dos ônibus, além do acompanhamento e verificação do desempenho desses veículos, que serão utilizados no Corredor Metropolitano da cidade de São Paulo. Em 2009, iniciaram-se os testes operacionais. A próxima etapa, no segundo semestre de 2010, é testar o ônibus no Corredor Metropolitano com passageiros.

A Empresa Metropolitana de Transporte Urbano de São Paulo – EMTU/SP é a coordenadora nacional do projeto, que tem direção do Ministério das Minas e Energia e conta com apoio de recursos financeiros do GEF, aplicados por meio do PNUD, e da Financiadora de Estudos e Projetos – Finep<sup>126</sup>. O valor total do projeto é de cerca de US\$ 21 milhões.

O projeto e a fabricação do ônibus foram desenvolvidos por um consórcio formado por oito conceituadas empresas, nacionais e internacionais, coordenado pela EMTU/SP. Integram o consórcio: AES Eletropaulo, Ballard Power Systems, Epri, Hydrogenics, Marcopolo, Nucellsys, Petrobras Distribuidora e Tuttotrasporti.

Suas características fazem da iniciativa brasileira um caso singular em todo o mundo, pois integra o que há de melhor e mais avançado na tecnologia do uso de hidrogênio no planeta; a tecnologia transferida firmará as bases para sua disseminação no país para transformar o Brasil em um exportador de ônibus a hidrogênio; o ônibus brasileiro será híbrido, ou seja, funcionará com células a combustível de hidrogênio e baterias recarregáveis, com recuperação de energia; e terá capacidade para carregar igual número de passageiros que os seus similares, com desempenho igual ou superior.

Além da fabricação de protótipos do ônibus, o projeto prevê uma Estação de Produção e Abastecimento de Hidrogênio

<sup>126</sup> Empresa pública, vinculada ao Ministério da Ciência e Tecnologia, que tem por missão promover o desenvolvimento econômico e social do Brasil por meio do fomento público à Ciência, Tecnologia e Inovação em empresas, universidades, institutos tecnológicos e outras instituições públicas ou privadas.

que se encontra em fase final de construção e contempla a instalação e interligação dos equipamentos de produção e abastecimento de hidrogênio, no segundo semestre de 2010.

O Projeto Ônibus Brasileiro a Hidrogênio foi escolhido pelo PNUD e pelo GEF como piloto na América Latina, com o objetivo de auxiliar os países em desenvolvimento na adoção de projetos que busquem soluções para amenizar as emissões de gases do efeito estufa e seus impactos nas mudanças climáticas.

No Rio de Janeiro, o primeiro ônibus a hidrogênio com tecnologia 100% brasileira foi lançado em maio de 2010. O veículo foi desenvolvido pelo Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPE/UFRJ, em parceria com a Federação das Empresas de Transportes de Passageiros do Estado – Fetranspor e as Secretarias Estadual e Municipal de Transporte.

O projeto contou com financiamento da Finep, da Petrobras, do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro – FAPERJ. Já existe planejamento para a industrialização e comercialização do veículo.

No período de 2010 a 2011, três ônibus a hidrogênio rodarão pela cidade do Rio de Janeiro para efeito de comparação com os ônibus convencionais. O objetivo é que os novos ônibus se constituam em opção de transporte sustentável e que já possam ser utilizados no transporte de passageiros durante a Copa do Mundo da FIFA de 2014 e Olimpíadas de 2016.

Do ponto de vista teórico e comercial existem barreiras no nível mundial para o uso em larga escala de ônibus a célula a combustível a hidrogênio. Em geral, são fatores condicionados aos custos de produção tanto dos veículos quanto do próprio hidrogênio. O objetivo do PNUD/GEF, no âmbito mundial, é exatamente apurar e dimensionar essas dificuldades, indicando os caminhos para o uso da tecnologia nos sistemas de transporte de passageiros.

Desde a assinatura do protocolo que possibilitou a instituição do projeto do ônibus brasileiro a hidrogênio, muito se evoluiu em tecnologia e redução de custos, tanto nos sistemas de célula a combustível, quanto na produção de hidrogênio.

Nesse aspecto, a tecnologia desenvolvida para a construção do ônibus brasileiro tem muito a contribuir, tanto em inovação tecnológica, quanto nos fatores relacionados a custos finais do veículo, que em muito irão, se não possibilitar uma adoção competitiva com outros sistemas de propulsão de



forma imediata, reduzir significativamente os custos de fabricação. Com a verificação do sucesso de construção do protótipo pode-se afirmar que o custo de produção dos veículos já é menor em termos mundiais.

1.8 Reciclagem

Considerando as vantagens econômicas, sociais e ambientais, a reciclagem ganha um espaço cada vez maior no Brasil. Ademais, o governo tem estimulado essas iniciativas. Anteriormente, apenas eram verificadas algumas iniciativas isoladas de prefeituras, comunidades e entidades empresariais no sentido de promover coleta seletiva de lixo.

A geração de resíduos sólidos urbanos cresceu em razão do aumento do consumo por parte dos brasileiros. No Brasil, a taxa de geração de resíduos por habitante varia entre 0,4 e 0,7 kg/hab.dia.

Segundo dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - Abrelpe, 40% dos resíduos sólidos urbanos coletados no Brasil têm destinação adequada e 60% não recebem destinação correta. Mesmo assim, o volume destinado à reciclagem cresceu 4% entre 2003 e 2004, tendo o volume de 5 milhões de toneladas em 2003 passado para 5,2 milhões de toneladas em 2004<sup>127</sup>.

Atualmente, um grande número de materiais é reciclado no Brasil. Algumas Bolsas de Resíduos<sup>128</sup> ocupam-se da reciclagem de resíduos industriais, mas ainda de forma limitada, sem explorar todas as possibilidades comerciais. Apenas materiais cuja economicidade do processo é claramente viável (alumínio, papel, vidro, plástico, etc.) têm despertado interesse quanto a sua reciclagem. Os materiais que mais são usados para reciclagem, no Brasil, são papel de escritório, papel ondulado, plástico filme, latas de alumínio, latas de aço, vidro, plástico rígido, pneus, embalagens PET, embalagens cartonadas longa vida, óleo lubrificante usado e baterias de chumbo de aço.

Nos últimos anos, com o grande avanço no Brasil em termos de reciclagem, vários materiais apresentam níveis de reciclagem (Tabela 1.10) próximos aos níveis de países desenvolvidos. Merecem destaque os indicadores em relação à reciclagem de latas de alumínio no Brasil, cujo índice de

127 Vide: < <http://www.cempre.org.br/>>.

128 As Bolsas de Resíduos são serviços de informações em nível nacional e internacional, concebidas com a finalidade de identificar mercados para os resíduos gerados nas operações industriais e estimular seu reaproveitamento de forma racional e econômica. As Bolsas de Resíduos servem como guia para promoção de oportunidades de negócios, a fim de propiciar novas alternativas de mercado e ocupar a capacidade ociosa eventualmente existente em alguns campos dos processos industriais de produção. Vide: < [http://www.abcm.org.br/xi\\_creem/resumos/SA/CRE04-SA01.pdf](http://www.abcm.org.br/xi_creem/resumos/SA/CRE04-SA01.pdf)>.

reciclagem passou de 37%, em 1991, para 91,5% em 2008. Os números brasileiros superam os dos países industrializados como Japão e EUA. Em 2004, os Estados Unidos recuperaram 54,2% de latas de alumínio, a Argentina 90,8% e o Japão 87,3%.

Tabela 1.10 Reciclagem no Brasil

Material		Nível de reciclagem (%)
Latas de Alumínio		91,5
Embalagens de Vidro		47
Papel	Escritório	43,7
	Ondulado	79,6
	Filme	21,2
Plástico	Rígido	21,2
	PET	54,8
Latas de Aço		46,5
Pneus**		58*
Embalagem cartonada longa vida		26,6
Óleo lubrificante usado		26,6*
Composto urbano***		3
Bateria de chumbo de aço		99,5

\*Dados de 2006.  
\*\* Segundo dados da Associação Nacional das Empresas de Reciclagem de Pneus e Artefatos de Borrachas - Arebop, o Brasil reciclou cerca de 270 mil toneladas em 2007. Em 2008, foram cerca de 290 mil.  
\*\*\* Composto Urbano é a denominação que se dá para um processo de transformação de resíduos sólidos orgânicos não perigosos - restos vegetais e animais - em um adubo de qualidade e baixo custo.  
Fonte: Cempre, 2010<sup>129</sup>.

De acordo com a Associação Brasileira do Alumínio - ABAL, em 2008, o Brasil reciclou mais de 12,3 bilhões de latas de alumínio, o que representa 165,8 mil toneladas. O mercado brasileiro de sucata de latas de alumínio, em 2008, movimentou cerca de R\$ 1,6 bilhão e gerou cerca de 55 mil empregos diretos. O Compromisso Empresarial para a Reciclagem - Cempre informa que o material é recolhido e armazenado por uma rede de aproximadamente 130 mil sucateiros, responsáveis por 50% do suprimento de sucata de alumínio à indústria. Outra parte é recolhida por supermercados, escolas, empresas e entidades filantrópicas.

Reciclagem relaciona-se ao reaproveitamento de materiais e resíduos que são, na grande maioria das vezes, vistos como refugos. Assim, é de fundamental importância a implementação de um sistema de coleta seletiva de lixo para que se possa fazer a seleção do material passível de reciclagem.

Em 2006 o Cempre levantou informações sobre os programas de coleta seletiva desenvolvidos por prefeituras em 405

129 Vide: < <http://www.cempre.org.br/>>. Fichas técnicas.

municípios em todo o Brasil (embora a maior concentração seja em localidades nas regiões Sudeste e Sul do país). Descobriu-se que cerca de 26 milhões de brasileiros têm acesso a programas de coleta seletiva e 43% dos programas tem relação direta com cooperativas de catadores. Apesar das vantagens inquestionáveis da reciclagem, essa pesquisa evidenciou que o preço da coleta seletiva ainda é bastante elevado (US\$ 221/tonelada, em média), sendo cinco vezes maior do que o custo da coleta convencional.

Deve-se destacar que o Governo Federal instituiu o programa “Resíduos Sólidos Urbanos”, como parte integrante do Plano Brasil de Todos - Plano Plurianual - PPA - 2004/2007, que se constitui em um programa interministerial que compartilha ações na área de resíduos sólidos. Esse novo programa unificou e substituiu os antigos programas “Brasil Joga Limpo” do Ministério do Meio Ambiente, “Resíduos Sólidos Urbanos” do Ministério das Cidades e “Saneamento Básico - Ação Resíduos Sólidos” da Fundação Nacional de Saúde - Funasa.

O programa “Resíduos Sólidos Urbanos” tem sua atuação voltada para o apoio ao desenvolvimento dos processos de gestão, de gerenciamento e de manejo de resíduos sólidos urbanos, com vista a garantir soluções para os problemas ambientais e de saúde decorrentes de processos inadequados de descarte, com ênfase na inserção de componentes socioeconômicos. Seu objetivo é aumentar a cobertura e a eficiência dos serviços municipais de limpeza urbana na perspectiva da universalização e da sustentabilidade dos empreendimentos, com foco na inclusão social, o encerramento dos lixões e na qualidade ambiental, ou seja, incentivar a redução, reutilização e a reciclagem de resíduos sólidos urbanos; ampliar a cobertura e aumentar a eficiência e a eficácia dos serviços de limpeza pública, de coleta, de tratamento e de disposição final; e promover a inserção social de catadores e a da eliminação do trabalho infantil.

O Ministério do Meio Ambiente, Ministério das Cidades, Ministério da Saúde - Fundação Nacional de Saúde, Ministério do Trabalho e Emprego, Ministério do Desenvolvimento Social e Combate a Fome e o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, por intermédio do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social fazem parte do Programa.

Todos os recursos são oriundos do Orçamento Geral da União (esfera fiscal, emendas parlamentares) ou provenientes de agências multilaterais de crédito, como CEF e BNDES, por meio de linhas de crédito.

A coordenação do programa ficou a cargo do Ministério do Meio Ambiente, por meio da Secretaria de Recursos Hídricos

e Ambiente Urbano - SRHU, que além de promover a articulação das ações entre os ministérios que o integram, desenvolve ações específicas relevantes.

Ademais, o Governo Federal instituiu<sup>130</sup> a separação dos resíduos recicláveis descartados pelos órgãos e entidades da administração pública federal direta e indireta, na fonte geradora, e a sua destinação às associações e às cooperativas dos catadores de materiais recicláveis.

De acordo com o decreto, para receber o material coletado, as associações e as cooperativas devem ser formal e exclusivamente constituídas por catadores de matérias recicláveis que tenham a catação como única fonte de renda; não possuir fins lucrativos; possuir infra-estrutura para realizar a triagem e a classificação dos resíduos descartados; e apresentar o sistema de rateio entre os associados e cooperados.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos<sup>131</sup>, recentemente aprovada, determinou que fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes têm de investir para colocar no mercado artigos recicláveis e que gerem a menor quantidade possível de resíduos sólidos. O mesmo aplica-se às embalagens. Ademais, medidas devem ser implementadas para receber embalagens e produtos após o uso pelo consumidor: de agrotóxicos, seus resíduos e embalagens; pilhas e baterias; pneus; óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens; lâmpadas fluorescentes; e produtos eletroeletrônicos e seus componentes.

A lei também dispõe sobre a coleta seletiva. Outros materiais recicláveis descartados ao final da sua vida útil devem ser reaproveitados sob a responsabilidade do serviço público de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos. Para fazer isso, o Poder Público deve estabelecer a coleta seletiva, implantar sistema de compostagem (transformação de resíduos sólidos orgânicos em adubo) e dar destino final ambientalmente adequado aos resíduos da limpeza urbana (varredura das ruas). As empresas de limpeza urbana devem dar prioridade ao trabalho de cooperativas de catadores formadas por pessoas de baixa renda.

Os municípios que implantarem a coleta com a participação de associações e cooperativas de catadores tem prioridade no acesso a recursos da União em linhas de crédito, no âmbito do Plano Nacional de Resíduos. São proibidas práticas como o lançamento de resíduos em praias, no mar ou rios e lagos; o lançamento a céu aberto sem tratamento, exceto

130 Por meio do Decreto nº. 5.940, de 25 de outubro de 2006.

131 Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010.

no caso da mineração; e a queima a céu aberto ou em equipamentos não licenciados. O texto proíbe também a importação de resíduos perigosos ou que causem danos ao meio ambiente e à saúde pública.

### 1.9 O Uso do Carvão Vegetal na Indústria

No Brasil, a maior parte da produção nacional de carvão vegetal é consumida pela indústria de ferro e aço<sup>132</sup> (Tabela 1.11). O Brasil é o único país que ainda mantém uma significativa produção de ferro e aço utilizando o carvão vegetal como agente redutor do minério de ferro. No restante do mundo, assim como na maior parte da produção siderúrgica brasileira, utiliza-se o coque de carvão mineral, desde que, em meados do século XIX, com a crescente escassez dos recursos florestais na Europa, encontrou-se nele uma alternativa para a indústria em expansão.

Para a obtenção do carvão vegetal utilizam-se madeira e lenha<sup>133</sup> no processo químico conhecido como “pirólise”, que consiste na decomposição térmica da biomassa na ausência de oxigênio. A carbonização da madeira permite que se eleve o poder calorífico da fonte original, que na madeira é de aproximadamente 4.320 kcal/kg e no carvão vegetal sobe para aproximadamente 6.750 kcal/kg.

A abundância de recursos naturais encontrados no Brasil desde seu descobrimento favoreceu o desenvolvimento da produção de carvão vegetal de florestas nativas que, entre outras, supriu a necessidade da indústria de ferro e aço até a década de 1940, quando o uso do coque de carvão mineral foi introduzido pelas grandes siderúrgicas que estavam surgindo à época, em resposta ao estímulo do Estado para se criar um parque industrial nacional.

Ao longo dos anos, entretanto, a crescente preocupação com a contínua degradação das matas nativas fez com que se buscassem meios para realizar o plantio de florestas energéticas<sup>134</sup> capazes de suprir a demanda da indústria. Nos anos de 1960, coincidindo com a criação de incentivos fiscais para o plantio de florestas<sup>135</sup>, houve também um favorecimento à indústria nacional e restrições às importações, o que aumentou a atratividade do uso do carvão vegetal como alternativa à prática já consolidada do uso do

coque de carvão mineral pelo setor siderúrgico. Contudo, os incentivos fiscais para os plantios foram extintos no fim da década de 1980<sup>136</sup>, desacelerando e até paralisando o estabelecimento de novas florestas.

Além disso, a onda de abertura do mercado nacional às importações proporcionou o crescimento da produção a coque, estimulada pela disponibilidade imediata do insumo e seu custo vantajoso, mais baixo se comparado com o custo de implantação e manutenção de uma floresta. Ainda, no decorrer da década de 1990, a privatização de várias siderúrgicas integradas ocasionou a desativação ou conversão de seus fornos a carvão vegetal para fornos a coque. Esse cenário também levou ao fechamento de várias pequenas siderúrgicas independentes, em razão da dificuldade de se encontrar carvão vegetal suficiente para manter seus alto-fornos em pleno funcionamento.

Ao mesmo tempo em que o uso do coque aumentou, houve um crescimento da atividade de produção de carvão vegetal oriundo de matas nativas. Empreendida em grande medida em condições precárias pelas populações de baixa renda das áreas rurais do país, essa atividade utiliza métodos bastante rudimentares de carbonização. Além de acarretarem perda de diversidade biológica e altas emissões de gases de efeito estufa, as atividades de carbonização utilizando florestas nativas envolvem, frequentemente, condições precárias de trabalho, gerando perdas sociais. Até meados da década de 2000, a produção de carvão vegetal de florestas plantadas manteve-se relativamente ativa pelo uso das árvores plantadas ainda na época dos incentivos fiscais e que geralmente obedecem a um ciclo de produtividade que se divide em até 3 rotações de sete anos, entre colheita e rebrota, como no caso do eucalipto que é a espécie mais usada para a produção de energia. Nesse contexto de colheita da madeira plantada com incentivos fiscais, de 1991 a 2006 o uso de carvão vegetal renovável permitiu a redução de aproximadamente 249 milhões de tCO<sub>2</sub> e (Tabela 1.12).

Os plantios de florestas podem produzir a madeira necessária para a produção do carvão vegetal renovável, capaz de suprir boa parte da demanda da indústria. Com isso, pode-se evitar parte do uso de coque de carvão mineral e o uso de matas nativas para esse mesmo fim. Dessa forma, somam-se aos estoques de carbono de áreas nativas, novos e adicionais plantios florestais, incrementando as remoções como um todo.

Além disso, a adoção de regulamentação e critérios socioambientais adequados para a silvicultura resultam na obser-

132 Em 2006, a produção siderúrgica a carvão vegetal representou 35% do total, enquanto a produção a coque de carvão mineral representou 65% (SINDIFER).

133 Por definição, “madeira” é a parte lenhosa dos troncos e ramos das árvores. A “lenha” é a porção de ramos ou fragmentos de troncos de árvores reservados para servirem de combustível.

134 Geralmente utilizam-se árvores de rápido desenvolvimento, como eucalipto e pinus.

135 Lei nº 5106, de 2 de setembro de 1966.

136 Lei nº 7714, de 29 de dezembro de 1988.



Tabela 1.11 Consumo de carvão vegetal nos principais setores da indústria

Consumo (1000 metros de carvão)								
Segmentos	1999		2000		2001		2002	
	Consumo	%	Consumo	%	Consumo	%	Consumo	%
Usinas Integradas a Aço	4.200	15,6	3.750	14,8	3.900	14,9	3.681	13,7
Prod. Independ. de Ferro Gusa	18.300	68,0	16.400	64,6	17.580	67	18.032	67,2
Produção de Ferroligas	2.300	8,6	2.250	8,9	2.800	10,7	2.874	10,7
Tubos de Ferro Nodular	-	-	-	-	365	1,4	233	0,9
Outros (*)	2.100	7,8	3.000	11,8	1.575	6,0	2.000	7,5
TOTAL	26.900	100	25.400	100	26.220	100	26.820	100
Segmentos	2003		2004		2005		2006	
	Consumo	%	Consumo	%	Consumo	%	Consumo	%
Usinas Integradas a Aço	3.383	11,6	3.984	10,8	4.499	11,8	4.579	13
Prod. Independ. de Ferro Gusa	20.220	69,2	27.590	74,7	27.817	73,1	25.116	71,5
Ferroligas	3.164	10,8	3.002	8,1	3.191	8,4	3.091	8,8
Tubos de Ferro Nodular	302	1,0	357,2	1,0	318	0,9	278	0,8
Outros (*)	2.133	7,3	1.987	5,4	2.226	5,8	2.061	5,9
TOTAL	29.202	100	36.920,2	100	38.051,5	100	35.125	100
Segmentos	2007		2008**		2009		2010	
	Consumo	%	Consumo	%	Consumo	%	Consumo	%
Usinas Integradas a Aço	5.527	15	5.710	17,3	4850,1	24		
Prod. Independ. de Ferro Gusa	25.706	69,9	23826,5	72,3	12462,2	61,7		
Ferroligas	3.097	8,4	3152,7	9,6	2574,7	12,7		
Tubos de Ferro Nodular	288	0,8	280	0,8	319	1,6		
Outros (*)	2.160	5,9	-	-	-	-		
TOTAL	36.778	100	32.969,2	100	20.206	100		

Notas:  
\*Carvão para uso doméstico, churrasarias, forjas artesanais, calcificação, acetileno, etc.  
\* \*A partir de 2008 só foi computado o carvão vegetal consumido pelas siderúrgicas e pelas ferroligas.  
Fonte: Silviminas. Disponível em < <http://www.silviminas.com.br/>>.

vância de importantes parâmetros, tais como criação de corredores ecológicos, proteção de nascentes e fontes de água, proteção do solo, entre outros, garantindo a preservação da biodiversidade, dos recursos hídricos e outros indicadores de sustentabilidade das regiões dos plantios. Considerando as rotações das plantações e a natureza de longo prazo dos investimentos necessários, a atividade de produção de carvão vegetal renovável pode constituir um importante vetor de desenvolvimento rural integrado à produção industrial, em conformidade com as condições de segurança e dignidade para os trabalhadores do campo.

O desenvolvimento da tecnologia nacional de produção de mudas praticamente triplicou a capacidade produtiva por árvore. Portanto, atualmente, utiliza-se cerca de 1/3 da área necessária para se obter o mesmo resultado produtivo de quando iniciaram os plantios de florestas energéticas no Brasil. Essa mesma tecnologia, aplicada em terras degradadas ou com cobertura de plantios exauridos, diminui significativamente a necessidade de uso de novas áreas para estabelecimento dos plantios para suprimento energético da indústria.

A produção do carvão vegetal renovável apresenta benefícios em várias etapas de sua cadeia produtiva, desde o plantio e manutenção da floresta, passando pela melhoria da eficiência do processo de carbonização, que gera redução de emissões de gases de efeito estufa, até a consequente mitigação de emissões nos usos finais do produto. Portanto, o domínio da tecnologia de reflorestamento no país indica potencial significativo de mitigação por meio do uso de carvão vegetal renovável, desde que se desenvolvam programas de estímulo e incentivos específicos

para que o país supere o atual déficit de florestas plantadas para usos energéticos.

O MDL possui um grande potencial para auxiliar o setor siderúrgico a vencer estes desafios. Atualmente existem metodologias aprovadas pelo Conselho Executivo do MDL que contemplam toda a cadeia produtiva do setor, que vai desde o estabelecimento de plantios florestais adicionais (benefício vinculado à remoção de  $\text{CO}_2$ ) até o uso do carvão vegetal renovável na usinas de ferro e aço (redução de emissões de  $\text{CO}_2$ ).

Entretanto, os números do setor demonstram que os desafios a serem enfrentados são de grande escala. No caso do setor de ferro e aço, por exemplo, 49% de todo o carvão vegetal consumido ainda é proveniente de florestas nativas. No entanto, como as legislações aplicáveis têm restringido cada vez mais o uso de carvão vegetal de matas nativas, a tendência que já se observa na ausência de novas florestas plantadas e incentivos adicionais é o uso de coque de carvão mineral, insumo mais competitivo e que tem menores custos de transação, conforme tendência já consolidada em nível mundial.

Os números apresentados na Tabela 1.12 indicam a relevância que o carvão vegetal renovável teve no passado, baseado nos incentivos fiscais. Nesse contexto, é importante ressaltar, tanto o ganho ambiental resultante da mitigação das emissões de gases de efeito estufa por meio de redução de emissões e remoções líquidas (o período entre 2001 e 2006 registrou emissões reduzidas de aproximadamente 100 mil toneladas de  $\text{CO}_2\text{e}$ ), como o fator de alívio indireto à pressão sobre as florestas nativas.

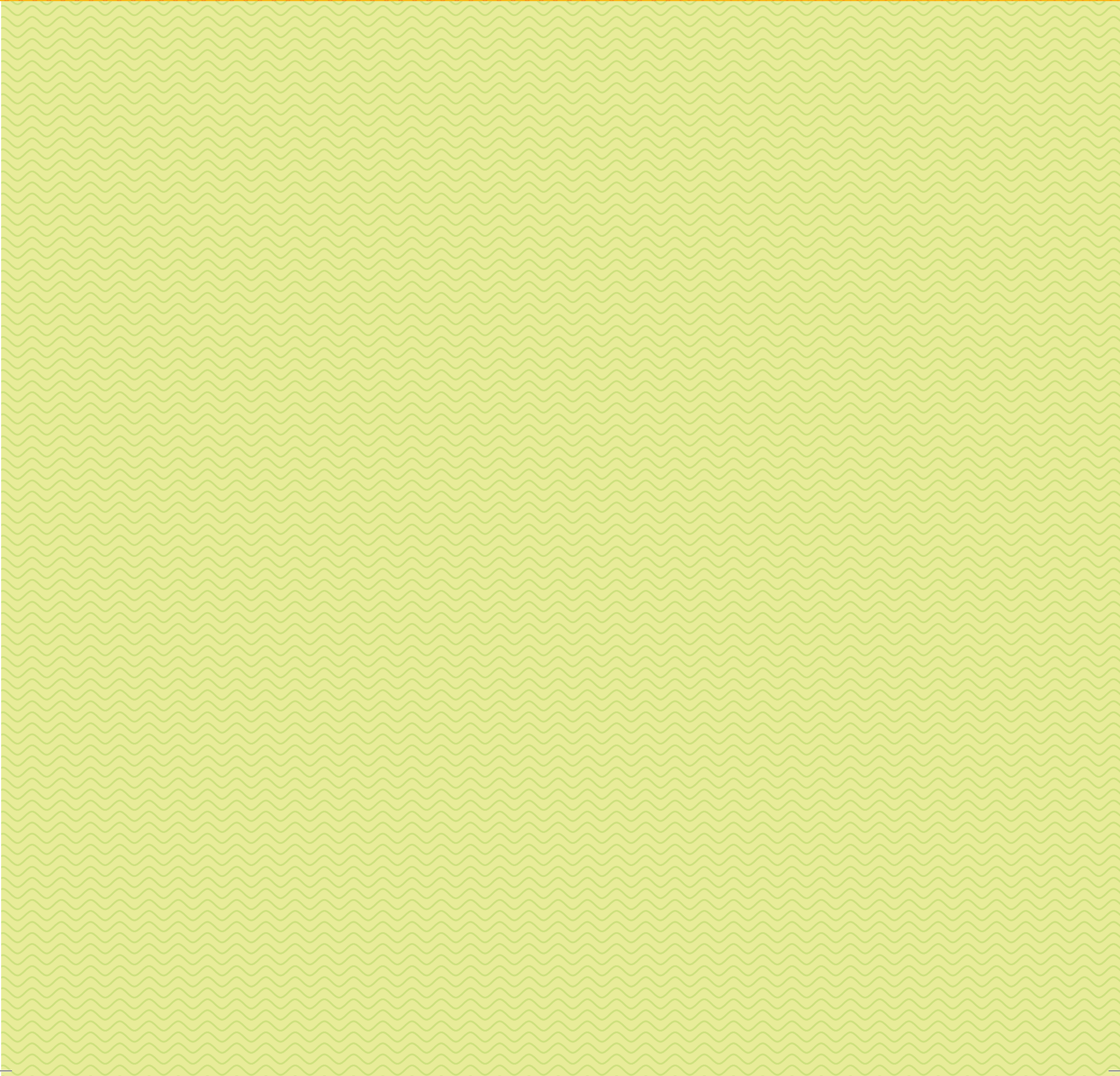
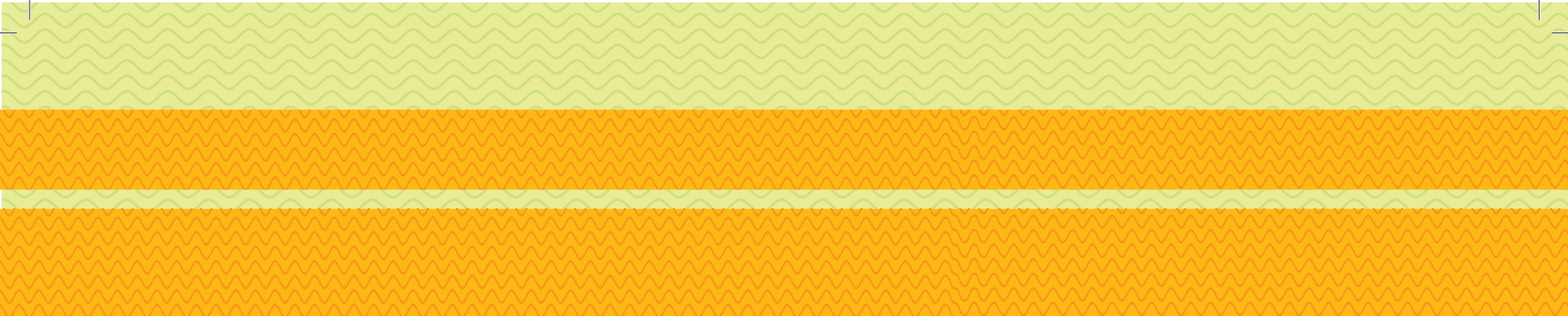
Tabela 1.12 Consumo de carvão vegetal, participação do carvão vegetal proveniente de reflorestamento, consumo de carvão vegetal renovável e emissões reduzidas provenientes do setor no Brasil<sup>137</sup>.

Ano	Consumo de Carvão Vegetal (10 <sup>3</sup> t)	Participação reflorestamento	Carvão vegetal Renovável	Emissões Reduzidas (tCO <sub>2</sub> )
1991	7.745	42,3	3.276	12.174
1992	7.294	38,9	2.838	10.547
1993	7.925	43,5	3.444	12.802
1994	8.250	54,0	4.455	16.558
1995	7.771	52,0	4.041	15.020
1996	6.500	70,0	4.550	16.911
1997	5.900	75,4	4.450	16.540
1998	6.600	67,4	4.450	16.540
1999	6.725	70,0	4.708	17.497
2000	6.350	70,5	4.475	16.633
2001	6.555	65,2	4.276	15.894
2002	6.705	63,5	4.257	15.821
2003	7.301	58,2	4.247	15.783
2004	9.230	47,2	4.358	16.196
2005	9.513	50,4	4.797	17.830
2006	8.781	51,1	4.484	16.666

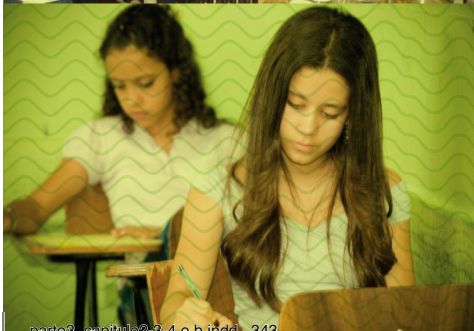
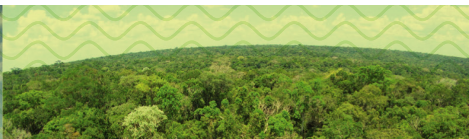
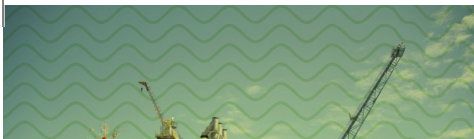
Nota: Fatores de emissão utilizados 0,63 tep/t CV e 1,609 tC/tep.  
Fonte: AMS, 2007.

137 Esses números apenas contemplam as reduções de emissões associadas ao uso do carvão vegetal renovável pelo setor. Vide: <<http://www.silviminas.com.br/>>.









## Capítulo 2

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 a analisar a substituição, no Brasil, de fontes fósseis de energia, com alto conteúdo de carbono por unidade de energia gerada, por outras de menor conteúdo. Os programas e ações apresentados contribuem para 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 da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera num nível que impeça uma interferência antrópica perigosa no sistema climático.

Cabe ressaltar que o CH<sub>4</sub> 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 de emissão na seção 1.5 sobre Biogás e Gestão de Resíduos.

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 no longo prazo. 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 Papel do Gás Natural na Redução das Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil

#### 2.1.1 A Trajetória e a Participação do Gás Natural na Matriz Energética Brasileira

Além de insumo básico da indústria petroquímica, o gás natural tem-se mostrado cada vez mais competitivo em relação a vários outros combustíveis, tanto no setor industrial como no de transporte e na geração de energia elétrica. Nesse último caso, a inclusão do gás natural na matriz energética nacional, conjugada com a necessidade de expansão do parque

gerador de energia elétrica e com a busca de alternativas em relação aos potenciais hidráulicos do país, tem despertado o interesse de analistas e empreendedores em ampliar o seu uso na geração termelétrica.

A versatilidade é a principal característica do gás natural. Este energético pode ser utilizado tanto na geração de energia elétrica, quanto em motores de combustão do setor de transportes, na produção de chamas (como substituto ao gás liquefeito de petróleo, GLP), calor e vapor. Por isso, a aplicação é possível em todos os setores da economia: indústria, comércio, serviços e residências. Outros elementos positivos são a capacidade de dispersão em casos de vazamento e a pequena emissão de poluentes em toda a cadeia produtiva se comparado aos demais combustíveis fósseis.

Tabela 2.1 Evolução das reservas provadas e da produção de gás natural no Brasil

Ano	Reservas Provadas (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	Produção Anual (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )*	Reserva/Produção (anos)
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	207.964	7.955	26,1
1996	223.562	9.156	24,4
1997	227.650	9.865	23,1
1998	225.944	10.788	20,9
1999	231.233	11.898	19,4
2000	220.999	13.283	16,6
2001	219.841	13.998	15,7
2002	244.547	15.525	15,8
2003	245.340	15.792	15,5
2004	306.395	16.971	19,2
2005	326.084	17.699	18,1

Notas:  
\*O valor total da produção inclui os volumes de gás reinjetado, queimas e perdas.  
Fonte: BRASIL, 2007; ANP, 2010b; ANP, 2010c.

O interesse pelo gás natural está diretamente relacionado à busca de alternativas ao petróleo e de fontes menos agressivas ao meio ambiente. A exploração do gás natural no país começou timidamente na década de 1940, com descobertas de gás associado a petróleo na Bahia. Inicialmente, a produção atendeu apenas às indústrias do Recôncavo Baiano. Após alguns anos, a exploração e produção estenderam-se também às bacias de Sergipe e Alagoas. O grande salto das reservas ocorreu na década de 1980, com a descoberta na Ba-



cia de Campos. Finalmente, o início de operação do gasoduto Bolívia/Brasil, em 1999, com capacidade para transportar 30 milhões de m³ por dia, aumentou significativamente a oferta do gás natural em relação a oferta interna bruta de energia no país, que sobe de 2,4% em 1990 para 8,1% em 2005.

A partir de 1990, o contínuo desenvolvimento das atividades de exploração permitiu ampliar o total de reservas provadas de gás natural ao ritmo de 4,36% ao ano no período de 1990 a 2005, até atingir o patamar de 326.084 milhões de m³ em 2005, como ilustra a Tabela 2.1.

De acordo com dados do BEN, em 2005, a participação na oferta interna bruta, de 8,1%, coloca o gás natural na quarta posição na matriz energética nacional, superado por petróleo e líquidos de gás natural (41,1%), biomassa e outros renováveis (30,4%) e energia hidráulica (13,4%).

Tabela 2.2 Consumo de gás natural por setor de atividade no Brasil em 1990 e 2005

Gás Natural Identificação	Milhões de m³	
	1990	2005
Produção	6.279	17.699
Importação	0	8.998
Var. Est. Perdas e Ajustes (*)	-2.030	-5.729
Consumo total	4.607	24.006
Transformação	1.193	6.720
Prod. Derivados petróleo	1.107	2.215
Geração Elétrica	86	4.505
Consumo final	3.414	15.044
Consumo final não energético	1.010	849
Consumo final energético	2.404	14.195
Setor energético	859	3.500
Residencial	5	217
Comercial/público	3	321
Transportes	2	1.945
Rodoviário	2	1.945
Industrial	1.310	8.209

(\*) Inclusive não aproveitada e reinjeção.  
Fonte: BRASIL, 2008.

Em 2005, o país consumiu 24,0 bilhões de m³ e a produção local foi de 17,7 bilhões de m³ e as importações ficaram em 9,0 bilhões de m³. Assim, o país contou com a oferta total de 26,7 bilhões de m³ (a diferença entre a oferta total e consumo corresponde às perdas do processo), a maior parte destinada ao setor industrial (8,2 bilhões de m³) e para usinas termelétricas (4,5 bilhões de m³), ainda que o consumo no setor resi-

dencial e de transporte rodoviário também tenham aumentado, com destaque a este último, que registrou uma variação de 971,3% se comparado a 1990, como mostra a Tabela 2.2.

No Brasil, a única companhia a operar na exploração e transporte de gás natural é a Petrobras, sozinha ou em parceria com a iniciativa privada (como é o caso do gasoduto Bolívia/Brasil). Já para a distribuição, o país tem 27 empresas, das quais a maioria conta com participação da Petrobras no capital acionário. Essas empresas detêm o monopólio de atuação em suas regiões de concessão. De acordo com o balanço anual da Petrobras referente a 2007, o país contava com uma malha total de 6.511 quilômetros de dutos.

2.1.2 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 exploração desse nicho energético. 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 natural.

Em 2008, o Brasil era dependente das importações da Bolívia. A descoberta do campo de Júpiter, rico em gás natural e localizado na camada pré-sal da Bacia de Santos, poderá conferir ao país, no médio prazo, a auto-suficiência. A estimativa de reservas ainda está em fase de levantamento, mas, segundo a Petrobras, as dimensões do campo de Júpiter são similares ao campo de Tupi, descoberto em 2007 também na Bacia de Santos, cujas reservas são estimadas entre 176 bilhões e 256 bilhões de m³. Até 2010, deve entrar em operação, também, o campo de Mexilhão, primeiro empreendimento da Petrobras de gás natural não associado ao petróleo. Descoberto em 2003 na Bacia de Santos, o campo tem capacidade estimada para produzir 15 milhões de m3 por dia. O Brasil também dispõe de importantes reservas no estado do Amazonas. Na bacia de Urucu, elas são estimadas em 52,8 bilhões de m³. No local, a Petrobras constrói o gasoduto Urucu-Coari-Manaus, que visa transportar gás natural para geração de energia elétrica em Manaus, atendida em 2008 por termelétricas movidas a óleo combustível e a óleo diesel.

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 via marítima, de países exportadores como a Argélia (com reservas de 4.520 bilhões de m<sup>3</sup>), a Nigéria (3.510 bilhões de m<sup>3</sup>), a Austrália (1.260 bilhões de m<sup>3</sup>) e Trinidad e Tobago (600 bilhões de m<sup>3</sup>).

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 cogeração 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.

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 manufaturado 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 públi-

cos; 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.

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 a emissão de gases responsáveis pelo efeito estufa provenientes da utilização do gás natural é menor. 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 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, considerando o provável aumento das emissões de gases de efeito estufa, ao considerar este elemento de forma isolada.

### 2.1.3 Comparação de Emissões de Gases de Efeito Estufa de Termelétricas a Gás Natural e a Outros Combustíveis Fósseis

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, como os óxidos sulfúricos (SO<sub>2</sub> e SO<sub>3</sub>), óxido e dióxido de nitrogênio (NO e NO<sub>2</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), partículas de carbono (C), monóxido de carbono (CO) e metais pesados, todos originários da combustão incompleta (à exclusão do CO<sub>2</sub>) de combustíveis fósseis e de suas impurezas, além de outros derivados de reações secundárias ocorridas na atmosfera, como o ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) e o ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>).

Os impactos decorrentes da mudança global do clima são os que mais impõem obstáculos ao crescimento da termelétrica no país, em termos de custos e de viabilidade técnico-econômica da implantação de usinas termelétricas convencionais. Entretanto, deve-se considerar que o uso do gás natural em substituição às demais fontes de origem fóssil tradicionalmente empregadas na geração termelétrica, apresenta-se, dentre as fontes fósseis, como a alternativa mais adequada ao pleno desenvolvimento da termelétrica no país, pois permite incrementar a eficiência energética de ge-

ração 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 CO<sub>2</sub>, 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 calculadas 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%<sup>138</sup> 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> (ROSA & SCHECHTMAN, 1996).

#### 2.1.4 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 San-

to, 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 tinha por objetivo aumentar a disponibilidade de gás ao mercado, melhorar o aproveitamento do recurso energético e reduzir a emissão de gases de efeito estufa.

Em 2000, face à possibilidade de crise no setor energético no Brasil, foi intensificado o controle sobre a queima de gás na Bacia de Campos por parte da Petrobras e da ANP, o que resultou em ações adicionais ao PQZ, dando origem em 2001 ao Plano de Otimização do Aproveitamento de Gás Natural da Bacia de Campos - POAG.

O POAG incluiu a instalação e o redimensionamento de compressores e a construção de novos gasodutos marítimos, liberando assim capacidade de compressão para a exportação de gás ao continente. Também fazem parte do POAG ações visando à revisão de procedimentos, o controle de estoques e o treinamento de pessoal. Com a realização de 94 ações previstas em 24 plataformas, registrou-se uma significativa redução da queima de gás na Bacia de Campos e um maior aproveitamento do gás produzido, permitindo à Petrobras aumentar a oferta do combustível para o mercado. Os investimentos desse projeto já superaram a marca dos 200 milhões de dólares, com ganho potencial na utilização de gás de 4,2 milhões metros cúbicos por dia. Serão investidos mais R\$ 180 milhões para redução adicional da queima de gás, com um ganho esperado de 800 mil metros cúbicos por dia.

Além desse programa, US\$ 98 milhões foram investidos em dois projetos de injeção de gás na Bacia de Campos, que permitem estocar na própria rocha reservatório até 2,4 milhões metros cúbicos por dia de gás associado. Esse gás poderá ser utilizado quando necessário. A redução da queima do gás aliada à capacidade de armazenamento contribuiu significativamente para o atendimento às demandas de gás para o mercado.

O POAG teve papel importante na mitigação de emissões de gases de efeito estufa, considerando que entre 2002 e 2005 o programa evitou que aproximadamente 15 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> fossem emitidas para a atmosfera.

<sup>138</sup> Considerou-se eficiências com base no poder calorífico superior - PCS. No ciclo a vapor convencional, considerou-se a eficiência de 38,1% para o gás natural, 39,2% para o óleo pesado, 38,8% para carvões europeu e colombiano e 33% para os carvões nacionais. Na turbina a gás e no ciclo combinado, adotaram-se respectivamente as eficiências de 30,1% e 42,7% para o gás natural, e de 27,7% e 41,1% para o óleo leve.



### 2.1.5 Redução das Emissões Fugitivas de Metano na Distribuição do Gás Natural em São Paulo

As emissões fugitivas de gás natural canalizado em sistemas de distribuição ocorrem sobretudo nas tubulações, por meio de vazamentos nas juntas e componentes. Ocorrem ainda por meio de acidentes e no ponto final de consumo, tanto residencial quanto comercial ou industrial.

Em 2005, com um mercado estimado em 90 milhões de m<sup>3</sup>/dia de gás natural, o país registrou uma perda equivalente ao consumo de uma termelétrica de 1.000 MW, representando não apenas prejuízo econômico, mas também considerável custo ambiental devido ao metano fugitivo e seu impacto no aquecimento global.

A Companhia de Gás de São Paulo - Comgas implementou medidas para reduzir as emissões de gás metano no sistema de distribuição de gás natural canalizado, concentrando-se no combate ao desperdício que ocorre no sistema, tanto na rede quanto no ponto final ao consumidor residencial e não-residencial.

A Comgas elaborou um inventário das emissões fugitivas de metano nos sistemas de distribuição de gás natural canalizado no Brasil, realizado em 1997, segundo a metodologia do IPCC, conforme recomendação do MCT. Esse inventário norteou as ações da Comgas na redução de vazamentos no sistema, contribuindo assim para a redução das emissões de metano para a atmosfera.

Não há medições relativas ao monitoramento de emissões fugitivas de gás canalizado. Para que se possa avaliar os avanços nas ações de redução de emissões, é fundamental que se implemente o monitoramento de forma contínua e consistente. Assim, a realização do inventário é, de fato, uma etapa fundamental para o início de um processo de longo prazo.

Desde que foi privatizada em 1999, a empresa conseguiu reduzir a parcela do gás não-contabilizado de 5,2% para 2,1%, principalmente por meio da renovação das redes, substituindo tubos de ferro fundido — que datam do início das atividades da distribuidora, no final do século XIX — por tubos de polietileno, os quais, além de serem mais fáceis de instalar, minimizam as perdas no sistema, com níveis maiores de vedação e durabilidade.

Para os sistemas instalados em aço ou polietileno, a manutenção periódica é eficaz no controle de vazamentos, dando-se atenção especial às instalações singulares (válvulas, estações de regulagem de pressão, conjuntos de medição, etc.).

Além disso, vazamentos de pequena magnitude podem não ser percebidos pelo odor. Nesse caso, um equipamento, consistindo de um veículo ao qual é acoplado coletores de ar, é utilizado em análise on line para verificação da quantidade de gás presente no ar. Detectado o vazamento, o *bypass* é aplicado em atividades de manutenção programada, ou seja, sempre que houver a possibilidade técnica, o gás contido em um determinado trecho é transferido para outro, sem purga para a atmosfera.

Conforme resultados da pesquisa para o inventário de emissões fugitivas de gás natural canalizado provenientes do sistema de distribuição, o valor encontrado para o Brasil é praticamente desprezível no balanço total de emissões antrópicas anuais de metano no mundo. Entretanto, medidas adicionais para controle de emissões dessa natureza são desejáveis, entre as quais, pode-se citar:

- implantação e operação do sistema de gerenciamento de riscos, de forma a reduzir vazamentos por acidentes ou, caso ocorram, que possam ser contidos em tempo;
- realização de operações de manutenção ou de manobras na rede em que seja necessário esvaziamento de trecho de tubulação para evitar purga de gás na atmosfera;
- programa de manutenção continuada de equipamentos da rede;
- campanhas educativas junto a consumidores residenciais, industriais e comerciais;
- apoio técnico aos consumidores para regulagem de equipamentos de queima e manutenção da rede interna; e
- programa de recuperação de redes em ferro fundido.

## 2.2 Programas no Estado de São Paulo para Redução das Emissões Veiculares no Transporte Urbano

A poluição do ar é um dos impactos ambientais mais sentidos pela população do estado de São Paulo, principalmente nos centros urbanos. Nas décadas de 1970 e 1980, as fontes industriais foram alvo da maior parte das ações de controle. O rigor no controle das emissões industriais aliado ao aumento da frota de veículos em circulação resultou, principalmente a partir dos anos de 1990, na necessidade de um controle mais efetivo das emissões provenientes dos veículos automotores, considerando que estas passaram a representar a maior fonte de contaminação do ar nas regiões mais densamente urbanizadas.

Algumas das ações do governo de São Paulo, por intermédio da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – Cetesb<sup>139</sup>, se dão como contribuições aos programas no nível federal, como nos casos do Proconve e Promot<sup>140</sup>, participando como agente técnico conveniado ao Ibama.

Outras ações complementares relevantes desenvolvidas pela Cetesb são a implantação de programas de gestão ambiental em frotas de transporte de carga e passageiros; a capacitação de oficinas, destinada à melhoria da qualidade dos serviços da rede de reparação de veículos dos ciclos Otto e Diesel; o incentivo à melhoria contínua da qualidade dos combustíveis automotivos e às alternativas energéticas para o transporte; e a intensificação da fiscalização da emissão excessiva de fumaça preta pelos veículos a diesel em circulação no estado de São Paulo.

No âmbito legal, destacam-se as contribuições na elaboração do Projeto de Lei do Transporte Sustentável; do Plano de Controle da Poluição por Veículos no estado de São Paulo – PCPV; e da Política Estadual de Mudanças Climáticas que envolve outros setores do governo e da sociedade civil - em especial os órgãos de transporte, trânsito, energia e planejamento - nas questões relacionadas com o impacto da mobilidade motorizada na qualidade ambiental.

Em 2007, foi criado no âmbito da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, o Projeto Respira São Paulo, com objetivo de implantar novos programas de controle da poluição atmosférica, especialmente nas regiões metropolitanas; estabelecer metas de redução das fontes mais poluentes e avaliar resultados; intensificar a fiscalização da emissão de poluentes com apoio do policiamento ambiental; melhorar o diagnóstico da qualidade do ar e das emissões atmosféricas no estado de São Paulo, inclusive as causadoras do aquecimento global.

Do ponto de vista estratégico, o Projeto Respira São Paulo foi concebido tanto para prover ferramentas estruturais para melhoria da gestão da qualidade do ar, quanto promover ações diretas e indiretas de controle das fontes de poluição do ar. No primeiro caso, pode-se destacar: melhoria do inventário de emissões, ampliação da rede de monitoramento da qualidade do ar, elaboração de cenários com estimativas das reduções de emissões resultantes de ações de controle, introdução de novos dispositivos legais, dentre outras.

2.2.1 Operação Inverno

A partir de 2007, a Operação Inverno foi incorporada ao Respira São Paulo, o que possibilitou a ampliação das ati-

vidades. Destacam-se os mega comandos de fiscalização de emissão de fumaça preta, realizados simultaneamente em diversas rodovias do estado pelos agentes da Cetesb, em parceria com as Polícias Militar Rodoviária e Ambiental. Foram distribuídos milhões de folhetos de orientação aos motoristas nos pedágios, *shopping-centers*, estacionamentos e oficinas, incentivando a realização da regulagem dos motores e consequente redução da emissão de poluentes. Além disso, os folhetos incentivam a população a denunciar veículos com excesso de fumaça preta. Para atender uma demanda que aumentou em cerca de 10 vezes, foi instalado um novo sistema de atendimento telefônico (Disque Fumaça Preta) e um sistema para recebimento de denúncias pela *internet*. Outra inovação foi a implementação de um programa de incentivo à manutenção dos veículos, permitindo um desconto de 90% do valor da multa recebida pelo veículo. Os principais resultados obtidos nas últimas Operações Inverno são demonstrados na Tabela 2.3.

Tabela 2.3 Principais atividades realizadas no âmbito da Operação Inverno no estado de São Paulo no período de 2005 a 2009

Ação	2005	2006	2007	2008	2009
Autuações nos comandos	145	320	2.322	1.628	2.965
Comandos de fiscalização	3	7	13	18	4
Megacomandos	0	0	3	3	2
Veículos Inspeccionados	84	300	438	461	ND

ND: Não disponível.  
Fonte: Elaborado por Cetesb<sup>141</sup>.

2.2.2 Monitoramento da Qualidade do Ar

A rede de monitoramento de qualidade do ar da Cetesb gera informações que são disponibilizadas à população em tempo real, subsidiam o licenciamento ambiental, os programas de controle das fontes de emissão, o planejamento e gestão da qualidade do ar, além de estudos epidemiológicos. Em 2008, foram instaladas 12 novas estações automáticas, aumento de cerca de 30% na rede de monitoramento, o que permitiu uma melhor avaliação da qualidade do ar em outras áreas do estado, notadamente nas regiões oeste e noroeste, acompanhando a expansão do setor sucroalcooleiro. Também foram instaladas estações onde dados anteriores indicavam a necessidade de um acompanhamento mais sistemático por parte da Cetesb.

141 Dados fornecidos pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - Cetesb para compor a Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima.

Em 2009, foi lançado um novo sistema em ambiente *web* (sistema *qualar*) para disponibilização das informações de qualidade do ar medidas pelas redes de monitoramento da Cetesb.

### 2.2.3 Operação Rodízio

O rodízio municipal de veículos de São Paulo, também chamado de Operação Horário de Pico pela Companhia de Engenharia de Tráfego - CET, é uma restrição a circulação de veículos automotores na cidade de São Paulo. Implantado em 1997 com o propósito de melhorar as condições ambientais reduzindo a carga de poluentes na atmosfera, logo passou a reduzir o congestionamento nas principais vias da cidade nos horários de maior movimento. No entanto, os congestionamentos da cidade continuam a piorar, com o recorde histórico de 266 km de lentidão atingido em abril de 2008. A situação é agravada pelo acelerado e contínuo crescimento da frota veicular, um reflexo do dinamismo econômico da cidade. Para mitigar os seus efeitos no trânsito e na qualidade do ar da cidade, a Prefeitura de São Paulo estendeu o rodízio para a circulação dos caminhões a partir do dia 30 de junho de 2008. O rodízio não se aplica a toda a cidade, sendo limitado a uma região denominada "Centro Expandido" que é delimitado por um conjunto de vias<sup>142</sup>.

A restrição de circulação atinge veículos particulares e de empresas de qualquer cidade, excetuando-se aqueles que realizam funções essenciais, transporte urbano e escolar, atendimento médico, transportem produtos perecíveis, pessoas portadoras de deficiência física ou dirigidos por estas últimas, e é aplicada de acordo com uma escala e em duas faixas de horário do dia: das 7 às 10 horas e das 17 às 20 horas.

A escala determina em quais dias da semana determinados veículos não podem circular. Esta escala é regida pelo último dígito da placa do veículo. Os motoristas que são flagrados violando a restrição de circulação são autuados com multas e perda de pontos na carteira de habilitação.

## 2.3 O Papel da Energia Nuclear na Redução das Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil

### 2.3.1 O Setor Energético Brasileiro e a Energia Nuclear

A instalação de usinas nucleares em território nacional foi decidida no final da década de 1960. Com essas usinas, o Go-

142 As vias Marginal do Rio Tietê, Marginal do Rio Pinheiros, Avenida dos Bandeirantes, Avenida Afonso D' Escagnole Taunay, Complexo Viário Maria Maluf, Avenida Presidente Tancredo Neves, Avenida das Juntas Provisórias, Viaduto Grande São Paulo, Avenida Professor Luís Inácio de Anhaia Melo e Avenida Salim Farah Maluf.

verno Federal pretendia adquirir conhecimento sobre a nova tecnologia que se expandia rapidamente pelo mundo e, ao mesmo tempo, resolver um problema localizado: a necessidade de complementação térmica para o suprimento de eletricidade ao Rio de Janeiro.

A construção da Usina Angra 1 teve início em 1972, com tecnologia da norte-americana *Westinghouse* adquirida em sistema *turn key* (sem transferência tecnológica). Três anos depois, em 1975, o país assinou, com a República Federal da Alemanha, o Acordo de Cooperação para o Uso Pacífico da Energia Nuclear. Em julho do mesmo ano, adquiriu as usinas de Angra 2 e Angra 3 da empresa *Kraftwerk Union A.G. - KWU*, subsidiária da *Siemens*, também alemã. O contrato previa transferência parcial de tecnologia.

Angra 1, com potência instalada de 640 MW, entrou em operação comercial em 1985. Angra 2, com potência instalada de 1.350 MW, em 2000. A construção de Angra 3, também com 1.350 MW, por uma série de razões foi paralisada durante muitos anos. Considerando a necessidade de diversificação das fontes primárias de energia no país, o Conselho Nacional de Política Energética - CNPE aprovou a proposta de retomada e conclusão da usina nuclear de Angra 3. Atualmente, a sua construção está inserida no Plano Decenal de Expansão de Energia Elétrica 2019, tendo em conta que, em 2008, o Ibama expediu licença prévia autorizando a retomada das obras. Estima-se que Angra 3 deverá entrar em operação em 2015, com preço, projetado pelo MME para o MWh a ser produzido pela usina, competitivo com o preço médio do MWh produzido por usinas térmicas.

Em 2009, a geração nuclear de 13 TWh respondeu por 2,6% da oferta total de energia elétrica do Brasil (505,8 TWh). Embora com participação modesta na geração de energia elétrica, considerando o cenário nacional, as usinas nucleares atualmente em operação são responsáveis por mais de 50% da energia consumida no estado do Rio de Janeiro, que é um importante estado do país em termos de formação do PIB. Em 2019, com o acréscimo previsto, a energia nuclear manterá a participação de 1,9% na potência instalada nacional, prevista para chegar a 178 GW.

### 2.3.2 Aspecto Institucional do Setor Nuclear

Em 1997, a área nuclear de Furnas, empresa responsável pela maior parte do suprimento de eletricidade na região mais desenvolvida do Brasil, fundiu-se com a empresa estatal de engenharia Nuclebras Engenharia - Nuclen, responsável pelo projeto, gerenciamento da construção e licitação de equipamentos para usinas nucleares. A nova empresa, chamada



Eletrobras Termonuclear S.A. - Eletronuclear, é responsável pelo projeto, licitação, acompanhamento de equipamentos nacionais e estrangeiros, gerenciamento de construção, montagem e comissionamento de usinas nucleares, além de ser a única proprietária e operadora de usinas nucleares no país. Ademais, é responsável pela aquisição do *know-how* necessário e promoção da indústria privada.

Outros atores do setor nuclear são a Eletrobras, responsável pela coordenação e financiamento do programa elétrico no país; a Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN, a autoridade de licenciamento; as Indústrias Nucleares do Brasil - INB, fornecedora de combustível; a Nuclebras Equipamentos Pesados S.A. - NUCLEP, fabricante brasileira de componentes pesados; as empresas privadas brasileiras de engenharia e os fornecedores privados brasileiros de equipamento mecânico e elétrico.

### 2.3.3 A Contribuição da Energia Nuclear na Redução das Emissões de Gases de Efeito Estufa

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. Soluções para a deposição final de resíduos radioativos de níveis baixo, médio e alto existem e estão em uso em vários países.

Ademais, as tecnologias de gerenciamento e de disposição de resíduos estão em contínuo avanço, incluindo 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.

Em virtude do aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera, governos e empresas em todo mundo

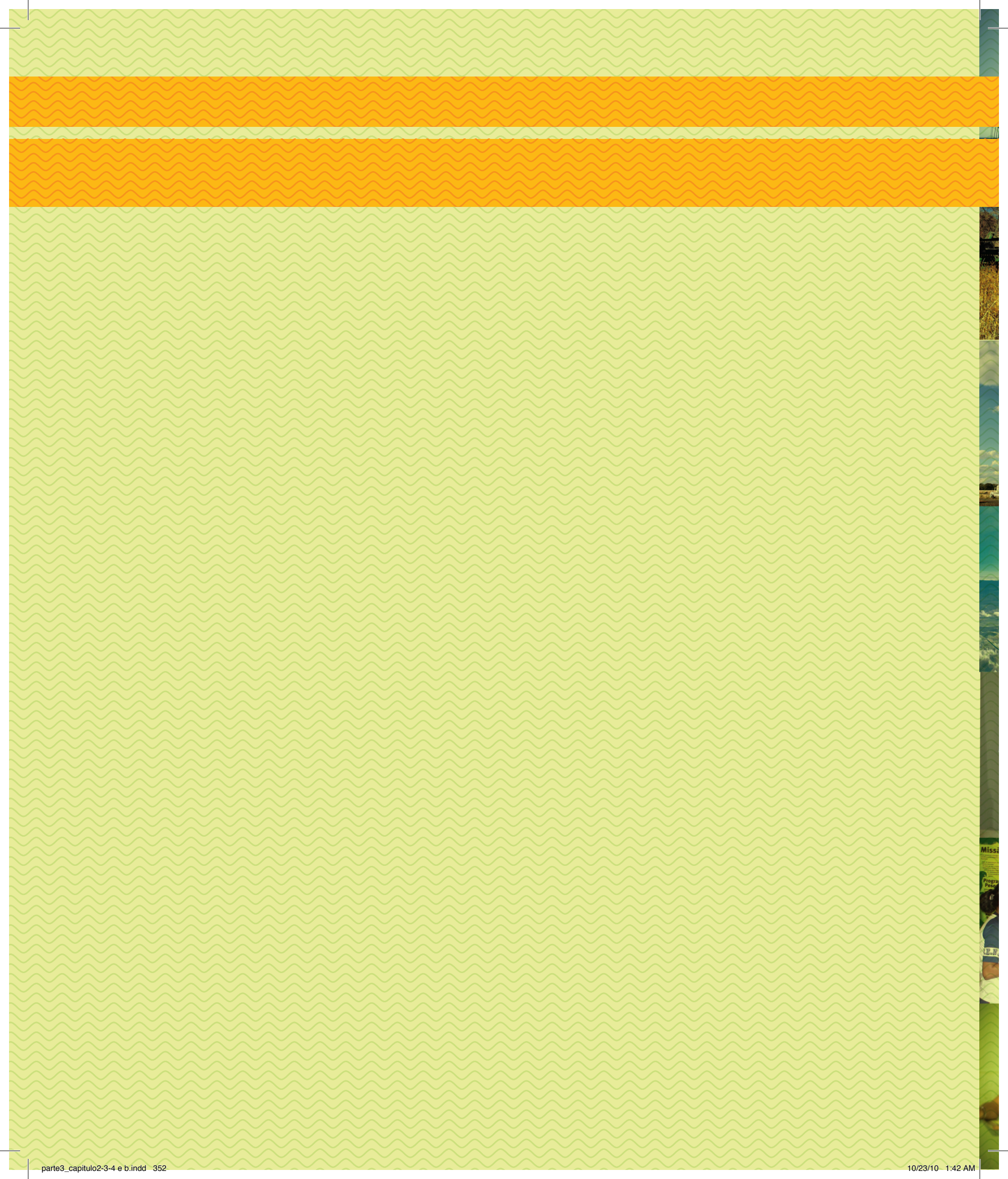
estão considerando cada vez mais a possibilidade de construir um número substancial de novas usinas nucleares.

A avaliação do impacto da introdução da energia nuclear no Brasil na emissão de gases de efeito estufa deve ser feita em comparação com a situação que existiria caso essa fonte de energia não estivesse disponível. Assim, esta avaliação, como qualquer outra avaliação de substituição, adota uma hipótese de qual seria o cenário existente na ausência da alternativa implementada (comumente chamada de "linha de base").

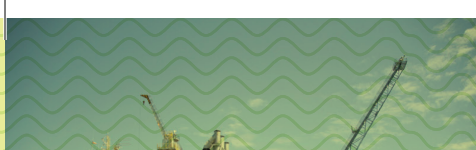
Apesar da forte predominância da energia hidrelétrica na geração de eletricidade no Brasil, verificou-se, a partir da segunda metade da década de 1990, um aumento em termos absolutos e relativos da participação das térmicas. Foi nesse quadro de crescimento da participação da energia térmica na geração de eletricidade que a energia nuclear passou a ter um papel mais importante nessa geração. Esse fato justifica o uso das térmicas existentes para estimar o impacto na redução das emissões de CO<sub>2</sub> devido ao uso de energia nuclear, já que a provável alternativa na sua ausência seria o incremento da participação das térmicas para suprir a energia elétrica necessária. Adotou-se, assim, a hipótese de que a energia nuclear, caso não fosse uma opção existente, seria substituída por outros combustíveis fósseis usados na geração térmica em centrais de serviço público a cada ano.

De 1984 (ano em que Angra 1 começou a gerar eletricidade) a 2009 foram gerados 152 TWh de origem nuclear, energia equivalente a 32,7 milhões tep, considerando-se eficiência térmica de 40%. Assumindo a hipótese de essa energia ter sido gerada por meio de carvão mineral, o uso de energia nuclear no Brasil teria evitado a emissão de 127 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>, montante correspondente a 37% das emissões totais pelo uso de energia em 2009.

Pelo exposto, deve-se vislumbrar o uso da energia nuclear como uma opção a ser considerada para a produção de energia com baixa emissão de gases de efeito estufa.







# Capítulo 3

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



### 3 Integração das Questões sobre Mudança do Clima no Planejamento de Médio e Longo Prazos

Os programas descritos nesta seção, na maioria dos casos, não tem como objetivo direto reduzir as emissões de gases de efeito estufa, mas poderão ter efeitos sobre as emissões provenientes de diferentes fontes.

#### 3.1 Legislação Ambiental Brasileira

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, o art. 225 da Constituição Federal, que trata do meio ambiente, 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<sup>143</sup> declara a Floresta Amazônica brasileira, a Mata Atlântica, a Serra do Mar, o Pantanal Mato-grossense 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 Constituição 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.

143 Parágrafo 4º do artigo 225.

Em 1996, houve importante alteração do Código Florestal<sup>144</sup>. Essa alteração 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 à 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. Tal medida provisória vem sendo reeditada desde então<sup>145</sup>.

Em 2000, o Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC<sup>146, 147</sup> 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 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.

Os aspectos relacionados com as concessões florestais e a destinação de florestas públicas às comunidades foram priorizados<sup>148</sup>, criando-se assim a base legal para a preparação das concessões no mais curto espaço de tempo. A regulamentação inclui o Cadastro Nacional de Florestas Públicas, gerido pelo Serviço Florestal, e interligado ao Sistema Nacional de Cadastro Rural. O Cadastro Nacional integra os cadastros de florestas públicas dos estados e municípios, o Cadastro de Terras Indígenas, e o Cadastro Nacional de Unidades de Conservação. Também estão incluídas as florestas localizadas em áreas da União, autarquias, fundações, empresas públicas e sociedades de economia mista já matriculadas ou em processo de arrecadação.

144 A Medida Provisória nº 1.511, de 26 de julho de 1996, deu nova redação ao artigo 44 da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965.

145 Uma Medida Provisória, também altera significativamente os artigos 1º, 4º, 14º, 16º e 44º, e acresce dispositivos à Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, que institui o Código Florestal, bem como altera o artigo 10º 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, ressalvadas 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.

146 Vide nesta Parte seção 3.11, sobre o SNUC.

147 Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000.

148 Decreto nº 6.063, de 20 de março de 2007.

As áreas militares são incluídas mediante autorização do Ministério da Defesa. O cadastro contém informações sobre essas florestas, suficientes para facilitar a sua gestão, incluindo a sua delimitação geográfica, tipo de floresta, existência de conflitos e também eventuais recomendações de uso já formuladas pelo Zoneamento Ecológico Econômico - ZEE.

A legislação brasileira que diz respeito à defesa do meio ambiente é composta por numerosas leis esparsas. Neste documento, em outras seções, diversos instrumentos legais são citados em relação a assuntos específicos. 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.

Entretanto, deve-se reconhecer que, em muitos casos, tal legislação não é aplicada da forma devida. Há, em certa medida, dificuldades, num país de dimensões continentais, em controlar fatores que impulsionam o desenvolvimento econômico e que se afastam do desenvolvimento sustentável.

### 3.2 Agenda 21 Brasileira

A Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento - Rio-92 - foi um marco histórico, tendo em vista que representou um esforço planetário para o estabelecimento de novas diretrizes de desenvolvimento que se pautassem na proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica. Desta conferência, resultaram cinco documentos: a Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, a Agenda 21, a Declaração de Princípios sobre o Uso de Florestas, a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Diversidade Biológica e a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima.

A Declaração do Rio reúne um conjunto de diretrizes adotadas por consenso por dirigentes de todo o mundo, no sentido de garantir o desenvolvimento em bases sustentáveis para o próximo século. Deve-se entender como desenvolvimento sustentável "o desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades"<sup>149</sup>.

<sup>149</sup> Definição utilizada no documento Nosso Futuro Comum, 1987, conhecido como Relatório Brutland, elaborado pela Comissão sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, criada pelas Nações Unidas e presidida pela então Primeira-Ministra da Noruega, Gro-Brutland.

A Agenda 21, assim, indica as estratégias para se buscar o desenvolvimento sustentável, recomendando ações, atores, parcerias, metodologias e mecanismos institucionais necessários para a sua implementação e monitoramento.

A tônica dos debates na formulação da Agenda não se baseou apenas em estratégias globais, mas buscou um enfoque simultaneamente global e local. As estratégias esboçadas na Agenda 21 para a solução dos problemas combinam cooperação descentralizada e ação localizada, por meio da implementação de políticas e programas que mobilizem ao mesmo tempo instituições locais, nacionais, regionais e internacionais.

Considerando-se a necessidade de se estabelecer prioridades específicas de desenvolvimento, os países signatários dos acordos resultantes da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento assumiram o compromisso de elaborar e implementar suas respectivas Agendas 21 nacionais.

As Agendas 21 nacionais têm como objetivo elaborar os parâmetros de uma estratégia para o desenvolvimento sustentável, definindo as prioridades nacionais e viabilizando o uso sustentável dos recursos naturais. Devem levar em consideração as vantagens comparativas daquele país para produzir de forma mais eficiente os bens e serviços para a sociedade, assim como as fragilidades ambientais específicas.

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, foi criada a Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional - CPDS<sup>150</sup>, no âmbito da Câmara de Políticas dos Recursos Naturais, com a finalidade de propor estratégias de desenvolvimento sustentável e coordenar, elaborar e implementar aquela Agenda.

A primeira fase da Agenda 21 nacional foi a construção do documento Agenda 21 Brasileira. Esse processo que se deu de 1996 a 2002, foi coordenado pela CPDS e teve o envolvimento de cerca de 40.000 pessoas de todo o Brasil.

A Agenda 21 Brasileira foi concluída em 2002. A partir de 2003, a Agenda 21 Brasileira não somente entrou na fase de implementação, assistida pela CPDS, como também foi ele-

<sup>150</sup> Decreto de 26 de fevereiro de 1997.

vada à qualidade de Programa do Plano Plurianual - PPA<sup>151</sup> 2004-2007, pelo governo. O programa Agenda 21, no âmbito do PPA, foi composto por três ações estratégicas realizadas com a sociedade civil: implementar a Agenda 21 Brasileira; elaborar e implementar as Agendas 21 Locais; e a formação continuada em Agenda 21. A prioridade foi orientar para a elaboração e implementação de Agendas 21 Locais com base nos princípios da Agenda 21 Brasileira que, em consonância com a Agenda global, reconheceu a importância do nível local na concretização de políticas públicas sustentáveis.

A Agenda 21 também foi incluída no PPA 2008-2011, fundamentada na execução de três ações finalísticas: elaboração e implementação das Agendas 21 Locais; formação continuada em Agenda 21 Local; e fomento a projetos de Agendas 21 Locais (por meio do FNMA).

### 3.3 Plano Nacional sobre Mudança do Clima

Embora o Brasil não tenha compromissos quantificados de limitação ou redução de emissões de gases de efeito estufa, de acordo com o regime multilateral de mudança do clima, o país não se omite e está atuando de forma decisiva, contribuindo concretamente para a luta contra a mudança do clima. Conforme relatado nesta Comunicação Nacional, são vários os programas governamentais e as iniciativas no Brasil que estão acarretando reduções importantes das emissões de gases de efeito estufa, alguns dos quais são responsáveis pelo fato de o Brasil ter uma matriz energética limpa, comparativamente aos demais países, com baixos níveis de emissões de gases de efeito estufa por unidade de energia produzida ou consumida. Cada vez mais o Brasil avança no sentido de contemplar compromissos voluntários que representam redução na emissão de gases de efeito estufa ou proteção de sumidouros.

Nesse sentido, com o intuito de que isso fosse feito de forma ordenada, em 2007, o Presidente da República colocou na pauta de atividades do governo a elaboração de um plano, inicialmente denominado “Plano de Ação Nacional de Enfretamento das Mudanças Climáticas”, orientado a estruturar e coordenar as ações de governo concernentes às repercussões do aquecimento global advindo das atividades antrópicas.

151 O Plano Plurianual, no Brasil, - previsto no artigo 165 da Constituição Federal, e regulamentado pelo Decreto 2.829, de 29 de outubro de 1998 - estabelece as medidas, gastos e objetivos a serem seguidos pelo Governo Federal ao longo de um período de quatro anos. É aprovado por lei quadrienal, sujeita a prazos e ritos diferenciados de tramitação. Tem vigência do segundo ano de um mandato presidencial até o final do primeiro ano do mandato seguinte. Também prevê a atuação do governo, durante o período mencionado, em programas de duração continuada já instituídos ou a instituir no médio prazo.

Como forma de atender a essa demanda, a Secretaria Executiva do Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas - FBMC<sup>152</sup> promoveu diversas reuniões que culminaram na elaboração de um documento de referência intitulado “Proposta do FBMC para o Plano de Ação Nacional de Enfrentamento das Mudanças Climáticas”, sendo este entregue ao Presidente da República.

Em 2007, o governo criou<sup>153</sup> o Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima - CIM, coordenado pela Casa Civil da Presidência da República, com a função de elaborar a Política Nacional sobre Mudança do Clima e o Plano Nacional sobre Mudança do Clima.

A responsabilidade pela elaboração, implementação, monitoramento e avaliação do Plano Nacional sobre Mudança do Clima ficou a cargo do Grupo Executivo sobre Mudança do Clima - Gex, coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente, subordinado ao CIM. Como resultado do trabalho do GEx, encaminhou-se ao Poder Legislativo, proposta da Política Nacional sobre Mudança do Clima<sup>154</sup>.

Outro resultado prático dos trabalhos do GEx foi a minuta do Plano Nacional sobre Mudança do Clima. Em sua fase inicial de elaboração, questionários-consulta foram enviados aos ministérios que compõem o CIM a fim de reunir as ações já em prática de cada um deles e suas entidades vinculadas, como programas e projetos, que contribuem para evitar a mudança do clima.

O processo incluiu consultas públicas de extrema relevância: a III Conferência Nacional do Meio Ambiente<sup>155</sup> e as reuniões do Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas, denominadas “Diálogos Setoriais”<sup>156</sup>.

O objetivo geral do Plano Nacional sobre Mudança do Clima é identificar, planejar e coordenar as ações e medidas que possam ser empreendidas para mitigar as emissões de gases de efeito estufa geradas no Brasil, bem como àquelas neces

152 Vide Parte IV seção 3.3, sobre Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas.

153 Decreto Presidencial nº 6.263 de 21 de novembro de 2007.

154 Projeto de Lei nº 3535, de 10 de junho de 2008. Tal projeto tornou-se a base para as negociações no Congresso Nacional que resultaram na Lei nº 12.187, sancionada pelo Presidente da República em 29 de dezembro de 2009, como será detalhado na próxima seção.

155 As Conferências Nacionais de Meio Ambiente fazem parte da política do Governo Federal de mobilização social nos processos de tomada de decisão. Estas vêm sendo realizadas desde 2003, quando aconteceu a I Conferência Nacional do Meio Ambiente, configurando-se como fonte de legitimação social e de estabilidade democrática.

156 Nos diálogos setoriais realizados nesta primeira fase do Plano, foram ouvidos diversos setores da sociedade, a exemplo da indústria, silvicultura, financeiro, agricultura, floresta e mudança de uso da terra, movimento municipalista, além da sociedade civil e ONGs.



sárias à adaptação da sociedade aos impactos que ocorram devido à mudança do clima. O Plano deve ser constantemente guiado pela Política Nacional de Mudança do Clima.

### 3.4 Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC

Em 2009, foi instituída a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC<sup>157</sup>, estabelecendo seus princípios, objetivos, diretrizes e instrumentos.

A Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC visa, entre outros pontos, à compatibilização do desenvolvimento econômico-social com a proteção do sistema climático; à redução das emissões antrópicas de gases de efeito estufa em relação às suas diferentes fontes; ao fortalecimento das remoções antrópicas por sumidouros de gases de efeito estufa no território nacional; e à implementação de medidas para promover a adaptação à mudança do clima pelas 3 (três) esferas da Federação, com a participação e a colaboração dos agentes econômicos e sociais interessados ou beneficiários, em particular aqueles especialmente vulneráveis aos seus efeitos adversos.

Os objetivos da Política Nacional sobre Mudança do Clima devem estar em consonância com o desenvolvimento sustentável, a fim de buscar o crescimento econômico, a erradicação da pobreza e a redução das desigualdades sociais.

São considerados como instrumentos da Política Nacional sobre Mudança do Clima: o Plano Nacional sobre Mudança do Clima; o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima<sup>158</sup>; os Planos de Ação para a prevenção e controle do desmatamento nos biomas; a Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, de acordo com os critérios estabelecidos pela Convenção e pelas Conferências das Partes; as resoluções da Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima<sup>159</sup>; as medidas fiscais e tributárias destinadas a estimular a redução das emissões e remoção de gases de efeito estufa, incluindo alíquotas diferenciadas, isenções, compensações e incentivos, a serem estabelecidos em lei específica; as linhas de crédito e financiamento específicas de agentes financeiros públicos e privados; o desenvolvimento de linhas de pesquisa por agências de fomento; as dotações específicas para ações em mudança do clima no orçamento da União; os mecanismos financeiros

e econômicos referentes à mitigação da mudança do clima e à adaptação aos efeitos da mudança do clima que existam no âmbito da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima e do Protocolo de Quioto; e os mecanismos financeiros e econômicos, no âmbito nacional, referentes à mitigação e à adaptação à mudança do clima<sup>160</sup>.

Além disso, são também instrumentos da PNMC as medidas existentes, ou a serem criadas, que estimulem o desenvolvimento de processos e tecnologias, que contribuam para a redução de emissões e remoções de gases de efeito estufa, bem como para a adaptação, dentre as quais o estabelecimento de critérios de preferência nas licitações e concorrências públicas, compreendidas aí as parcerias público-privadas e a autorização, permissão, outorga e concessão para exploração de serviços públicos e recursos naturais, para as propostas que propiciem maior economia de energia, água e outros recursos naturais e redução da emissão de gases de efeito estufa e de resíduos.

Os instrumentos institucionais para a atuação da Política Nacional de Mudança do Clima incluem:

- I - o Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima<sup>161</sup>;
- II - a Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima;
- III - o Fórum Brasileiro de Mudança do Clima;
- IV - a Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais - Rede Clima<sup>162</sup>;
- V - a Comissão de Coordenação das Atividades de Meteorologia, Climatologia e Hidrologia.

As instituições financeiras oficiais disponibilizarão linhas de crédito e financiamento específicas para desenvolver ações e atividades que atendam aos objetivos da lei sobre Mudança do Clima e voltadas para induzir a conduta dos agentes privados à observância e execução da PNMC, no âmbito de suas ações e responsabilidades sociais.

Os princípios, os objetivos, as diretrizes e os instrumentos das políticas públicas e programas governamentais deverão compatibilizar-se com os princípios, os objetivos, as diretrizes e os instrumentos da Política Nacional sobre Mudança do Clima.

Conforme anunciado pelo Presidente da República durante o Segmento de Alto Nível da 15ª Conferência das Partes da

157 Por meio da Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009, sancionada pelo Presidente da República.

158 Vide nesta Parte seção 3.14.3, sobre FNMC.

159 Vide Parte I seção 3.1.3, sobre a Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima.

160 Vide nesta Parte seção 3.14, sobre Medidas de Caráter Financeiro e Tributário.

161 Vide Parte I seção 3.1.4, sobre o Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima.

162 Vide Parte IV seção 4.4, sobre a Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais - Rede Clima.

Convenção - COP-15 e da 5ª Conferência das Partes servindo como Reunião das Partes no Protocolo de Quioto - CMP-5, realizadas em Copenhague, o texto da lei dispõe que para alcançar os objetivos da PNMC, o país adotará, como compromisso nacional voluntário, ações de mitigação das emissões de gases de efeito estufa, com vistas em reduzir entre 36,1% e 38,9% suas emissões projetadas até 2020.

Nesse sentido, o Governo do Brasil comunicou ao Secretariado da Convenção, em janeiro de 2010, as ações de mitigação nacionalmente apropriadas que deseja empreender, para a informação das Partes a esse instrumento internacional. Tais ações são as seguintes:

- Redução do desmatamento na Amazônia (amplitude de redução estimada: 564 milhões de toneladas de equivalentes de CO<sub>2</sub> em 2020);
- Redução do desmatamento no Cerrado (amplitude de redução estimada: 104 milhões de toneladas de equivalentes de CO<sub>2</sub> em 2020);
- Recuperação de pastos (amplitude de redução estimada: 83 a 104 milhões de toneladas de equivalentes de CO<sub>2</sub> em 2020);
- Integração lavoura-pecuária (amplitude de redução estimada: 18 a 22 milhões de toneladas de equivalentes de CO<sub>2</sub> em 2020);
- Plantio direto (amplitude de redução estimada: 16 a 20 milhões de toneladas de equivalentes de CO<sub>2</sub> em 2020);
- Fixação biológica de N<sub>2</sub> (amplitude de redução estimada: 16 a 20 milhões de toneladas de equivalentes de CO<sub>2</sub> em 2020);
- Eficiência energética (amplitude de redução estimada: 12 a 15 milhões de toneladas de equivalentes de CO<sub>2</sub> em 2020);
- Incremento do uso de biocombustíveis (amplitude de redução estimada: 48 a 60 milhões de toneladas de equivalentes de CO<sub>2</sub> em 2020);
- Expansão da oferta de energia por usinas hidrelétricas (amplitude de redução estimada: 79 a 99 milhões de toneladas de equivalentes de CO<sub>2</sub> em 2020);
- Fontes alternativas de energia (amplitude de redução estimada: 26 a 33 milhões de toneladas de equivalentes de CO<sub>2</sub> em 2020); e

- Siderurgia (substituição do carvão do desmatamento por carvão de florestas plantadas) (amplitude de redução estimada: 8 a 10 milhões de toneladas de equivalentes de CO<sub>2</sub> em 2020).

Deve-se ressaltar a natureza voluntária das ações indicadas e que estas serão implementadas de acordo com os princípios e disposições da Convenção, em particular com o artigo 4º parágrafo 1º, artigo 4º parágrafo 7º, artigo 12º parágrafo 1º(b), artigo 12º parágrafo 4º e artigo 10º parágrafo 2º(a). Não está excluído o uso do MDL do Protocolo de Quioto.

A PNMC dispõe que a projeção das emissões para 2020, assim como o detalhamento das ações para alcançar o objetivo de redução acima mencionado, serão dispostos por decreto, tendo por base o segundo Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas por Fontes e Remoções por Sumidouros de Gases de Efeito Estufa não Controlados pelo Protocolo de Montreal<sup>163</sup>.

Em 2010 iniciaram-se as medidas para a implementação da PNMC, buscando-se estabelecer os seguintes planos setoriais para alcançar o objetivo expresso na PNMC em relação às ações de mitigação:

- Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal;
- Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento no Cerrado;
- Energia;
- Agropecuária;
- Substituição do Carvão de Desmatamento por Florestas Plantadas na Siderurgia.

### 3.5 Política de Ciência, Tecnologia e Inovação - CT&I e Mudança do Clima

#### 3.5.1 Plano de Ação 2007-2010: Ciência, Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento Nacional e Mudança do Clima

O MCT, em sintonia com o Governo Federal, elaborou e apresentou à comunidade científica, tecnológica e empresarial, bem como à sociedade brasileira como um todo, o seu Plano de Ação para o período 2007-2010, intitulado “Ciência, Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento”.

163 Vide Parte II.

O principal objetivo do plano é definir um amplo leque de iniciativas, ações e programas que possibilitem tornar mais decisivo o papel da ciência, tecnologia e inovação - C,T&I no desenvolvimento sustentável do país. Várias das iniciativas previstas são voltadas para estimular as empresas a incorporarem as atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação - P,D&I.

O Plano de Ação foi dividido em prioridades que estão diretamente relacionadas com os quatro eixos estratégicos que norteiam a atual Política Nacional de C,T&I, a saber:

- Eixo I: Expansão e Consolidação do Sistema Nacional de C,T&I;
- Eixo II: Promoção da Inovação Tecnológica nas Empresas;
- Eixo III: Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação em Áreas Estratégicas;
- Eixo IV: C,T&I para o Desenvolvimento Social.

Dentro do contexto do eixo III: Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação em Áreas Estratégicas, foi inserido um programa para a área de mudança do clima, denominado “Programa Nacional de Mudanças Climáticas”, que tem como objetivo expandir a capacidade científica, tecnológica e institucional do Brasil na área de mudança global do clima, de forma a ampliar o conhecimento sobre a questão, identificar os impactos sobre o país, e subsidiar políticas públicas de enfrentamento ao problema nos planos nacional e internacional. Para tanto, foram estabelecidas ações específicas para implementação durante o período de 2007 a 2010, sendo uma dessas ações direcionadas ao apoio direto à preparação da Segunda Comunicação Nacional do Brasil.

O Plano de Ação 2007-2010 previu recursos da ordem de R\$ 179 milhões de reais, oriundos do governo e da iniciativa privada, para a área de mudança do clima, dentro do Programa Nacional de Mudanças Climáticas, o que demonstra a importância do tema para o governo brasileiro. A maior parte desses recursos foi destinada à aquisição do mais novo supercomputador do INPE<sup>164</sup>, bem como à expansão da capacidade científica, tecnológica e institucional do Brasil na área de mudança do clima.

<sup>164</sup> Com o novo supercomputador (Cray Inc.), cuja velocidade de pico é de 244 Teraflops por segundo, será possível rodar modelos de maior resolução espacial. A compra do novo supercomputador coincide com o momento em que o CP-TEC/INPE recebe da Organização Meteorológica Mundial - OMM a recomendação para ser um *Global Producing Center* - GPC, ou Centro Produtor Global, de previsões de longo prazo, em reconhecimento à qualidade internacional da produção de suas previsões climáticas sazonais. O novo supercomputador, por sua vez, permite dar continuidade a um conjunto de atividades que conferiu este reconhecimento ao CPTEC, avalizado por especialistas da OMM.

### 3.5.2 Programa de Meteorologia e Mudanças Climáticas no Âmbito do Plano Plurianual (2008-2011) do Governo Federal

A Ciência, Tecnologia e Inovação - CT&I são questões de Estado que ultrapassam os governos e devem ser tratadas como compromissos que se transferem de um período governamental para outro. Pela sua própria natureza, as políticas públicas da área são desenvolvidas em vários ministérios. Para coordenar e dar unicidade a estas atividades, o governo se vale da elaboração de planos que compatibilizem as diversas linhas de atuação, que indiquem os instrumentos para sua execução e que apresentem as diretrizes que devem ser seguidas.

O desenvolvimento com distribuição de renda e educação de qualidade são prioridades centrais do Governo Federal, cujos desdobramentos têm reflexos no Programa de Aceleração do Crescimento - PAC<sup>165</sup>, no Plano de Desenvolvimento da Educação - PDE e nas demais prioridades da área social. Este é, por consequência, o fundamento das Orientações Estratégicas do Governo - OEG<sup>166</sup> e, portanto, do Poder Executivo, previstas no Plano Plurianual 2008-2011 (MCT, 2008).

No âmbito do Plano Plurianual do Governo Federal 2008-2011, o programa denominado Meteorologia e Mudanças Climáticas tem como objetivo entender os mecanismos que determinam a mudança global do clima e melhorar a capacidade de previsão meteorológica, climática, hidrológica e ambiental. Neste programa, estão alocadas ações específicas da área de mudança do clima, como por exemplo, o Inventário Nacional de Emissões de Gases de Efeito Estufa, a operacionalização do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo e a Pesquisa e Desenvolvimento sobre Mudança Global do Clima.

As orientações estratégicas para o PPA 2008-2011 na área de Mudança do Clima são:

- fortalecer o protagonismo brasileiro no enfrentamento global da mudança do clima;

<sup>165</sup> O PAC é mais que um programa de expansão do crescimento. Trata-se de um novo conceito de investimento em infraestrutura que, aliado a medidas econômicas, visa estimular os setores produtivos e, ao mesmo tempo, levar benefícios sociais para todas as regiões do país. Para maiores informações *vide*: <<http://www.brasil.gov.br/pac/>>.

<sup>166</sup> Neste contexto, as OEG representam uma estratégia de desenvolvimento e investimentos de longo prazo, sendo mais um passo na direção de um projeto de desenvolvimento nacional inspirado na visão de futuro, nos valores e objetivos preconizados pela Agenda Nacional de Desenvolvimento, definida pelo Conselho de Desenvolvimento Econômico e Social.



- fomentar estudos e pesquisas sobre mudança do clima, visando a disseminar conhecimentos científicos e tecnológicos e a subsidiar políticas públicas de mitigação de emissões de gases de efeito estufa;
- implementar a Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais - Rede-Clima, para realizar estudos e pesquisas sobre as causas e efeitos da mudança global do clima, visando a disseminar conhecimentos para capacitar o país a responder aos desafios dessa mudança, principalmente nos aspectos ligados ao desenvolvimento nacional; e
- promover o desenvolvimento de tecnologias que impliquem menores emissões líquidas (emissões menos remoções) antrópicas de gases de efeito estufa (MCT, 2008).

### 3.6 Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar - Pronar

O desenvolvimento industrial e urbano, o crescimento da frota automotiva, os atuais padrões de consumo, o desmatamento e as queimadas, entre outros, têm como consequência o aumento das emissões de poluentes do ar. O crescente aumento das concentrações de substâncias contaminantes no meio aéreo, sua deposição no solo, nos vegetais e nos materiais é responsável por danos à saúde, por reduções importantes na produção agrícola e de uma forma geral, desequilíbrios nos ecossistemas.

Ações de gestão necessárias à prevenção ou à redução das emissões de poluentes atmosféricos e dos efeitos da degradação do meio, já demonstraram ser compatíveis com o desenvolvimento econômico e social. A gestão da qualidade do ar envolve, assim, medidas mitigadoras que tenham como base a definição de limites permissíveis de concentração dos poluentes na atmosfera, restrição de emissões, bem como um melhor desempenho na aplicação dos instrumentos de comando e controle, entre eles o licenciamento e o monitoramento. Tendo em vista a compatibilização entre o crescimento econômico do país e a preservação da qualidade ambiental, percebeu-se a importância da criação de uma política nacional voltada à ações de caráter normativo e de fortalecimento institucional visando à prevenção e ao controle da qualidade do ar no país.

Nesse contexto de demandas institucionais e normativas, o Conama<sup>167</sup> criou o Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar - Pronar, com o intuito de “permitir o desenvolvi-

mento econômico e social do país de forma ambientalmente segura, pela limitação dos níveis de emissão de poluentes por fontes de poluição atmosférica, com vistas à melhora da qualidade do ar, ao atendimento dos padrões estabelecidos e o não comprometimento da qualidade do ar nas áreas consideradas não degradadas”.

Para alcançar os objetivos do Pronar, definiu-se como estratégia básica o estabelecimento de 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. Foram previstas, ainda, medidas de classificação das áreas conforme o nível desejado de qualidade do ar, de monitoramento, de licenciamento ambiental, de elaboração do inventário nacional de fontes e poluentes do ar, de interface com outras medidas de gestão e de capacitação dos órgãos ambientais.

O Pronar também trouxe metas de aprimoramento da gestão da qualidade a serem cumpridas no curto, médio e longo prazos, sem, contudo, definir os limites temporais de cada categoria. Assim é que as metas de curto prazo seriam: (i) definição dos limites de emissão para fontes poluidoras prioritárias e dos padrões de qualidade do ar; (ii) enquadramento das áreas na classificação de usos pretendidos; (iii) apoio à formulação de programas similares nos estados; e (iv) capacitação laboratorial e capacitação de recursos humanos.

As medidas de médio prazo deveriam contemplar: (i) a definição dos demais limites de emissão para fontes poluidoras; (ii) a implementação da Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade do Ar; (iii) a criação do Inventário Nacional de Fontes e Emissões; e (iv) a continuidade da capacitação laboratorial e de recursos humanos, esta última também colocada como meta de longo prazo.

O primeiro dispositivo legal decorrente do Pronar<sup>168</sup> estabeleceu os padrões nacionais de qualidade do ar, e se encontra ainda em vigor. 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.

Sob uma ótica voltada à gestão e como meio de instrumentalizar suas medidas, outros programas foram incorporados ao Pronar como: (i) Programa de Controle da Poluição por Veículos Automotores - Proconve; (ii) Programa Nacional de Controle da Poluição Industrial - Pronacop; (iii) Programa Nacional de Avaliação da Qualidade do Ar; (iv) Programa Nacional de Inventário de Fontes Poluidoras do Ar; e (v) Programas Estaduais de Controle da Poluição do Ar.

<sup>168</sup> Resolução do Conama nº 03, de 28 de junho de 1990.

<sup>167</sup> Resolução nº 05, de 15 de junho de 1989.

### 3.7 Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores - Proconve

Em 1986, foi criado o Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores - Proconve, coordenado pelo Ibama, que definiu os primeiros limites de emissão para veículos leves e contribuiu para o atendimento aos padrões de qualidade do ar instituídos pelo Pronar. Em 1993, a Lei nº 8.723 endossou a obrigatoriedade de reduzir os níveis de emissão dos poluentes de origem veicular, contribuindo para induzir o desenvolvimento tecnológico dos fabricantes de combustíveis, motores e autopeças, e permitindo que veículos nacionais e importados, passassem a atender aos limites estabelecidos.

O cumprimento dessas exigências é aferido por meio de ensaios padronizados em dinamômetro e com “combustíveis de referência”. Além disso, o Proconve também impõe a certificação de protótipos e o acompanhamento estatístico em veículos na fase de produção (ensaios 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; bem como a proibição da comercialização de modelos de veículos não homologados.

A homologação de protótipos é, de fato, o maior sustentáculo do Proconve, e faz com que as montadoras apliquem conceitos de projetos que assegurem um baixo potencial poluidor aos veículos novos, e uma taxa de deterioração das emissões ao longo de sua vida útil tão baixa quanto possível.

Outro ponto importante a ressaltar é que o controle pelo programa se dá a partir da classificação dos veículos em razão de seu Peso Bruto Total - PBT (Tabela 3.1), sendo que as fases caracterizadas por “L” para veículos leves (Tabela 3.2) e “P” para veículos pesados (Tabela 3.5), vêm sendo implantadas segundo cronogramas diferenciados.

**Tabela 3.1 Classificação dos veículos adotada pelo Proconve, segundo o Peso Bruto Total**

Veículos leves de passageiros (automóveis)	Com massa total de até 3.856 kg
Veículos comerciais leves (pick-ups e vans)	Categoria subdividida em veículos com massa para ensaio até 1.700 kg e acima de 1.700 kg
Veículos pesados (ônibus e caminhões)	Com massa total acima de 3.856 kg

Fonte: Elaborado por ZAMBONI, A.; SILVA, L. A.; DIAS, J. B.

#### *Cronograma de Implementação do Proconve*

Por se constituir em um programa cujos desdobramentos dependem de projetos e investimentos em tecnologia e linhas de produção, a implantação de suas fases dá-se de forma negociada entre os órgãos reguladores e os setores envolvidos.

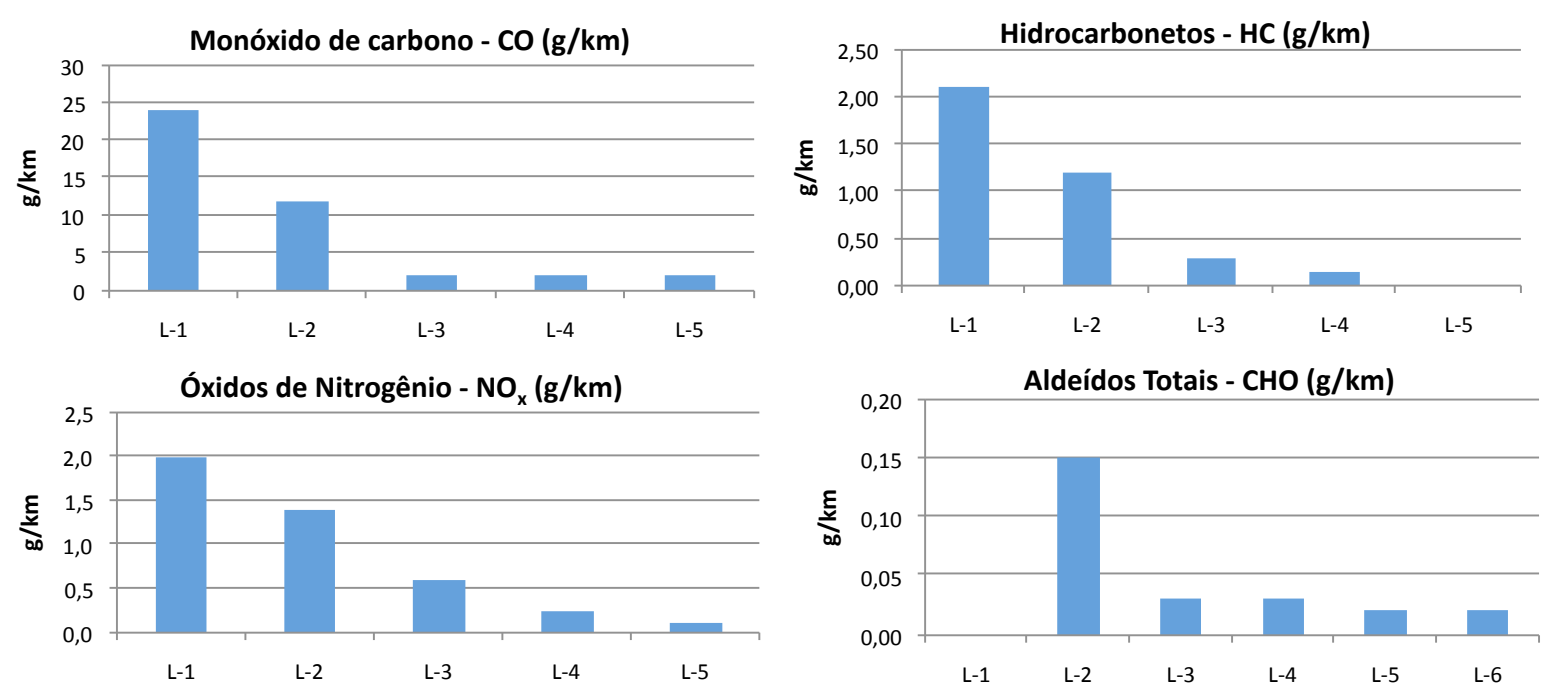
No que refere aos limites de emissão para veículos leves, a Figura 3.1, mostra a síntese da sua evolução em cada fase já implantada ou em andamento.

Tabela 3.2 Estratégia de Implantação do Proconve para veículos leves (Fases “L”)

Fase	Implantação	Característica / inovação
Fase L-1	1988-1991	Caracterizada pela eliminação dos modelos mais poluentes e aprimoramento dos projetos dos modelos já em produção. Iniciou-se também nesta fase o controle das emissões evaporativas. As principais inovações tecnológicas que ocorreram nesta fase foram: reciclagem dos gases de escapamento para controle das emissões de NO <sub>x</sub> ; injeção secundária do ar no coletor de exaustão para o controle de CO e HC; implantação de amortecedor da borboleta do carburador para controle do HC; e otimização do avanço da ignição.
Fase L-2	1992-1996	A partir dos limites verificados na Resolução Conama nº 18, de 1986, nesta fase investiu-se na adequação de catalisadores e sistemas de injeção eletrônica para uso com mistura de etanol, em proporção única no mundo. As principais inovações nos veículos foram a injeção eletrônica, os carburadores assistidos eletronicamente e os conversores catalíticos. Em 1994, iniciou-se o controle de ruído dos veículos.
Fase L-3	1997-2004	Em face da exigência de atender aos limites estabelecidos a partir de 1º de janeiro de 1997 (Resolução Conama nº 15, de 1995), ocorreram reduções bastante significativas em relação aos limites anteriores, e o fabricante/importador empregou, conjuntamente, as melhores tecnologias disponíveis para a formação de mistura e controle eletrônico do motor como, por exemplo, o sensor de oxigênio (denominado “sonda lambda”).
Fase L-4	2005-2008	Tendo como referência a Resolução Conama nº 315, de 2002, a prioridade nesta fase, que teve início no ano de 2005, foi a redução das emissões de HC e NO <sub>x</sub> , (substâncias precursoras de ozônio). Para o atendimento desta fase, deu-se o desenvolvimento de motores com novas tecnologias, como a otimização da geometria da câmara de combustão e dos bicos de injeção, o aumento da pressão da bomba injetora e a injeção eletrônica.
Fase L-5	2009-2013	Com os limites de emissão da Resolução Conama nº 315, de 2002, da mesma forma que na fase L-4, a prioridade na fase L-5 é a redução das emissões de HC e NO. De maneira análoga à fase L-4, as inovações tecnológicas deram-se na otimização da geometria da câmara de combustão e dos bicos, o aumento da pressão da bomba injetora e a injeção eletrônica. Até o momento, nesta fase, deu-se a redução de 31% das emissões de hidrocarbonetos não-metano para os veículos leves do ciclo Otto e de 48% e 42% para as emissões de NO <sub>x</sub> para os veículos leves do ciclo Otto e Diesel, respectivamente. Além disso, as emissões de aldeídos foram reduzidas em, aproximadamente, 67% para os veículos do ciclo Otto.

Fonte: Elaborado por ZAMBONI, A.; SILVA, L. A.; DIAS, J. B.

Figura 3.1 Evolução do limites de CO, HC, NOx e CHO para veículos leves (fases Proconve-L)



Fonte: Elaborado por ZAMBONI, A.; SILVA, L. A.; DIAS, J. B.



Veículos Leves Comerciais

Com o aumento significativo da frota de veículos leves comerciais, o Proconve também se voltou para esse segmento. A Resolução do Conama nº 15, de 13 de dezembro de 1995, fixou limites máximos de emissões para vans e pick-ups (Tabela 3.3).

Tabela 3.3 Limites de emissão para veículos leves comerciais, em vigor 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
Monóxido de carbono (CO g/km)	2,0	6,2
Hidrocarbonetos (HC g/km)	0,3	0,5
Óxidos de nitrogênio (NOx g/km)	0,6	1,4
Material particulado (MP** g/km)	0,128	0,16
Aldeídos (CHO* g/km)	0,03	0,06

\* exceto para veículos com motores do ciclo diesel.  
\*\* exceto para veículos com motores do ciclo Otto.  
Fonte: Elaborado por ZAMBONI, A.; SILVA, L. A.; DIAS, J. B.

Em 2009, o Conama, ao aprovar a Resolução nº 415, introduziu a Fase - L6 que entrará em vigor em 2013. A Fase - L6 estabelece, basicamente, novos limites máximos para a emissão de escapamento de veículos automotores leves novos de passageiros de massa menor ou igual a 1.700 quilogramas e veículos leves comerciais com massa superior a 1.700 quilogramas (Tabela 3.4). Ambas as categorias são para uso rodoviário e contemplam tanto veículos do ciclo Otto quanto Diesel. Para o futuro ainda está prevista a introdução de catalisadores de oxidação, de filtro de particulados e de recirculação de gases.

Veículos Pesados

Verifica-se uma constante preocupação em relação aos veículos com massa total máxima maior que 3.856 kg, ou massa do veículo em ordem de marcha maior que 2.720 kg (veículos pesados de transporte de passageiros e/ou carga), uma vez que são os principais emissores de material particulado e óxidos de nitrogênio. Para tanto, a Resolução do Conama nº 18/1986 e a Resolução Conama nº 8/1993, deram os primeiros encaminhamentos para o controle da emissão de veículos a diesel. A Tabela 3.5 apresenta as estratégias adotadas

pelo Proconve em cada fase para veículos pesados e a Tabela 3.6 os respectivos limites de emissão.

A redução da concentração de enxofre presente no combustível constituía condição *sine qua non* para o atendimento dos limites estabelecidos na fase P-6, vez que a formação de compostos de enxofre na combustão contribui para o denominado “envenenamento” do catalisador, não propiciando o bom funcionamento do mesmo na redução das emissões de NOx e HC. Desta forma, procedeu-se em 2005, à especificação do diesel em 2.000 ppm (partes por milhão) de enxofre como limite máximo para este combustível a ser comercializado no interior (denominado “diesel S 2000”) e de 500 ppm de enxofre para o diesel comercializado nas regiões metropolitanas (denominado “diesel S 500”). Isso propiciou uma redução expressiva das emissões de enxofre nestes últimos anos, com a concentração de enxofre no diesel passando de 13.000 ppm para 500 ppm.

Por força da Resolução 315, que não foi cumprida, em 1º de janeiro de 2009, a fase P-6 deveria ter início com o “diesel S 500” a ser distribuído no interior, e “diesel S 50” nas regiões metropolitanas.

Uma vez estabelecido o impasse, em novembro de 2008, o Conama, por meio da Resolução nº 403, aprovou uma nova fase (P-7), para veículos pesados, com limites ainda mais rígidos de emissão, e que entrará em vigor em 1º de janeiro de 2012 (Tabela 3.8). Essa fase implicará na disponibilização ao mercado de um óleo diesel com teor aproximado de 10 ppm de enxofre.

Pelo cronograma em vigor, as indústrias automobilísticas e de combustíveis têm até 2016 para se adaptarem às novas normas técnicas, disponibilizando no mercado brasileiro diesel e motores nos padrões que já são adotados na Europa; onde os veículos movidos a diesel emitem uma quantidade de enxofre até 200 vezes menor do que é lançado pelos ônibus e caminhões brasileiros. Com a mudança que cria a fase P-7, a expectativa é de redução ainda maior das emissões.

Passados 23 anos de sua criação, os resultados alcançados pelo Proconve mostram que a estratégia para sua implantação foi acertada, e seu êxito deve -se à adoção de fases cada vez mais restritivas, credenciando-o como um dos programas mais bem sucedidos em termos de políticas para o setor ambiental.

Tabela 3.4 Síntese dos requisitos da Fase - L6 do Proconve e comparação com a Fase L5

Categ.	Comb.(7)	Modelo	Classif	Fase	Data Aplicação	Limites de Emissões								Durab. Emissões6 (km)
						CO (g/km)	HC (g/km)	NMHC (g/km)	NOx (g/km)	CHO(2) (g/km)	M.P.(3) (g/km)	EVAP(2) (g/km)	CO2 (%)	
						Ciclo NBR-6601						SHED	M. Len- ta	
Veículos Leves PBT M 3.856 kg e MOM M 2.720 kg	Gasolina (E22), Etanol (E100), Diesel(4) ou GNV			L5	1/12009	2	0,3 <sup>(1)</sup>	0,05	0,12 <sup>(2)</sup> / 0,25 <sup>(3)</sup>	0,02	0,05	2	0,5	80000
				L6	Veículos Diesel: 1/1/2014 Veículos Otto: 1/1/2014 NM: 1/1/2014 TM: 1/1/2014	1,3	0,3 <sup>(1)</sup>	0,05	0,08	0,02	0,025	1,5 <sup>(5)</sup>	0,2	80000
		Veículos Comerciais Leves & Off-Road	MVE < 1700 kg	L5	1/12009	2	0,3 <sup>(1)</sup>	0,05	0,12 <sup>(2)</sup> / 0,25 <sup>(3)</sup>	0,02	0,05	2	0,5	80000
				L6	Veículos Diesel: 1/1/2014 Veículos Otto: 1/1/2014 NM: 1/1/2014 TM: 1/1/2014	1,3	0,3 <sup>(1)</sup>	0,05	0,08	0,02	0,03	1,5 <sup>(5)</sup>	0,2	80000
			MVE > 1700 kg	L5	1/12009	2,7	0,5 <sup>(1)</sup>	0,06	0,25 <sup>(2)</sup> / 0,43 <sup>(3)</sup>	0,04	0,06	2	0,5	80000
				L6	Veículos Diesel: 1/1/2014 Veículos Otto: 1/1/2014 NM: 1/1/2014 TM: 1/1/2014	2	0,5 <sup>(1)</sup>	0,06	0,25 <sup>(2)</sup> / 0,43 <sup>(3)</sup>	0,03	0,04	1,5 <sup>(5)</sup>	0,2	80000

Notas:

(1) Somente para veículos movidos a GNV.

(2) Somente para veículos movidos a gasolina ou etanol.

(3) Somente para veículos movidos a diesel.

(4) Atualmente, automóveis diesel não são permitidos no Brasil.

(5) A partir de 1/1/2012, estes limites são exigidos para os novos modelos (novas homologações).

(6) Para menos de 15.000 unidades por ano é aceito a aplicação de 10% de DF para todos os poluentes.

(7) Para veículos *flex-fuel* é necessário testar com E22, E100 e 50% E22 + 50% E100.

MVE = Massa do Veículo para Ensaio (= MOM + 136 kg).

MOM = Massa em Ordem de Marcha.

PBT = Peso Bruto Total.

Gasolina E22 = Gasolina misturada com 22% de etanol.

Etanol E100 = 100% Etanol Hidratado.

GNV = Gás Natural.

Fonte: Elaborado por ZAMBONI, A.; SILVA, L. A.; DIAS, J. B.

Tabela 3.5 Estratégia de implantação do Proconve para veículos pesados (Fases "P")<sup>169</sup>

Fase	Implantação	Característica / inovação
P-1 e P-2	1990-1993	Já em 1990, estavam sendo produzidos motores com níveis de emissão menores que aqueles que seriam requeridos em 1993 (ano em que teve início o controle de emissão para veículos deste tipo com a introdução das fases P-1 e P-2). Nesse período, os limites para emissão gasosa (fase P-1) e material particulado (fase P-2) não foram exigidos legalmente.
P-3	1994-1997	O desenvolvimento de novos modelos de motores visaram à redução do consumo de combustível, ao aumento da potência e à redução das emissões de óxidos de nitrogênio (NOx) por meio da adoção de <i>intercooler</i> e motores turbo. Nesta fase, deu-se uma redução drástica das emissões de CO (43%) e HC (50%).
P-4	1998-2002	Reduziu ainda mais os limites criados pela fase P-3.
P-5	2003-2008	Teve como objetivo a redução de emissões de material particulado (MP), NO <sub>x</sub> e HC.
P-6	2009-2011	Em janeiro de 2009, ocorreu o início à fase P-6, conforme Resolução Conama nº 315/2002, e cujo objetivo principal, assim como na fase cinco, era a redução de emissões de material particulado, NO <sub>x</sub> e HC. Esta fase foi substituída pela fase P-7, por meio da Resolução Conama nº 403 de novembro de 2008, com entrada em vigor a partir de 1º de janeiro de 2012

Fonte: Elaborado por ZAMBONI, A.; SILVA, L. A.; DIAS, J. B.

Tabela 3.6 Evolução dos limites de emissão para veículos pesados (Fases "P" do Proconve)

	Poluentes / limites de emissão			
Fase	CO	HC	NOx	MP
P-1	14,00*	3,50*	18,00*	xxx*
P-2	11,20	2,45	14,40	0,60*
P-3	4,90	1,23	9,00	0,40
P-4	4,00	1,10	7,00	0,15
P-5	2,1	0,66	5,00	0,10
P-6	1,5	0,46	3,5	0,02

Nota: \*Emissão Gasosa ( Fase P-1) e MP ( Fase P-2) não foram exigidos legalmente.

Fonte: Elaborado por ZAMBONI, A.; SILVA, L. A.; DIAS, J. B.

Tabela 3.7 Limites de emissão em g/kWh da Fase P-7<sup>170</sup>

	Poluentes / limites de emissão						
	NOx	HC	CO	CH <sub>4</sub> <sup>(2)</sup>	MP	NMHC	Opacidade (m-1)
Ensaio ESC <sup>(4)</sup> /ELR <sup>(5)</sup>	2,00	0,46	1,50	N.A.	0,02	N.A.	0,50
Ensaio ETC <sup>(1)</sup>	2,00	N.A.	4,00	1,10	0,03 <sup>(3)</sup>	0,55	N.A.

Notas:

(1) Ciclo E.T.C. - denominado Ciclo Europeu em Regime Transiente - ciclo de ensaio que consiste de mil e oitocentos modos transientes, segundo a segundo, simulando condições reais de uso. Motores a gás são ensaiados somente neste ciclo.

(2) Somente motores a gás são submetidos a este limite.

(3) Motores a gás não são submetidos a este limite.

(4) Ciclo E. S. C - denominado Ciclo Europeu em Regime Constante - consiste de um ciclo de ensaio com 13 modos de operação em regime constante;

(5) Ciclo E.L.R. - denominado Ciclo Europeu de Resposta em Carga - ciclo de ensaio que consiste numa sequência de quatro patamares a rotações constantes e cargas crescentes de dez a cem por cento, para determinação da opacidade da emissão de escapamento.

Fonte: Elaborado por ZAMBONI, A.; SILVA, L. A.; DIAS, J. B.

169 Ainda que o marco normativo estivesse estabelecido na resolução Conama nº 315/2002, a fase P-6 não foi implantada na data prevista, em razão de atrasos na especificação do combustível (diesel) a ser comercializado no interior e nas regiões metropolitanas, com consequente inviabilização da produção de combustíveis e de inovações tecnológicas de motores.

170 Resolução Conama nº 403, de 11 de novembro de 2008.



3.7.1 Inspeção e Manutenção Veicular

Os já referidos benefícios trazidos pelo Proconve tendem a não se sustentar se não forem adotados procedimentos corretos para manutenção da frota no país. Uma vez em uso, e sob condições adequadas, os fabricantes devem garantir que as emissões de poluentes dos veículos permanecerão abaixo dos limites exigidos pelo Proconve por no mínimo 80.000 km para veículos do ciclo Otto<sup>171</sup>, e 160.000 km para veículos de ciclo diesel.

A realidade da conservação e manutenção dos veículos no país, sobretudo nas áreas de maior concentração, demanda que programas de inspeção sejam adotados como forma de garantir as revisões técnicas previstas pelo fabricante e nos períodos definidos pelos organismos regulamentadores.

Ainda que investidas anteriores nessa direção tenham ocorrido, o Conama aprovou em 2009 a Resolução nº 418, que dispôs sobre critérios para a elaboração dos Planos de Controle da Poluição Veicular - PCPV e para a implantação de Programas de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso - I/M pelos órgãos estaduais e municipais de meio ambiente.

O Código de Trânsito Brasileiro - CTB<sup>172</sup>, em seu artigo 104, também contribui nesse sentido, ao determinar que “os veículos em circulação terão suas condições de - segurança, de controle de emissão de gases poluentes e de ruídos, avaliados mediante inspeção, que será obrigatória, na forma e periodicidade estabelecidas pelo Conselho Nacional de Trânsito - Contran, para os itens de segurança e pelo Conama, para a emissão de gases poluentes e ruídos”.

No âmbito nacional, o Rio de Janeiro é o único estado com histórico significativo de implantação de programa dessa natureza. Instituído em 1997, o programa fluminense abrangia, na fase inicial, apenas a Região Metropolitana do Rio de Janeiro, sendo posteriormente ampliado para todo o território graças à adoção de um modelo de cooperação técnica entre a antiga Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente - FEEMA, atualmente o Instituto Estadual do Ambiente - INEA, e o Detran-RJ.

Em termos de cobertura de frota, em um primeiro momento envolveu os veículos de circulação intensiva, como ônibus, caminhões e utilitários de serviços (táxis e vans). Numa segunda fase, iniciada em janeiro de 2008, ampliou-se a vistoria anual para carros de passeio, motocicletas e demais veículos fabricados a partir de 1998.

171 Para os quais devem ser determinados os Fatores de Deterioração das Emissões, por meio de ensaios de acúmulo de rotação, conforme a Resolução Conama nº 14, de 13 de dezembro de 1995.

172 Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997.

Em 2008, o Programa de Inspeção Veicular Ambiental do município de São Paulo ampliou o seu foco de inspeção. O que antes era voltado para toda a frota a diesel registrada na cidade, em 2009, todos os veículos diesel passaram pela inspeção, assim como, todas as motos (exceto as de 2 tempos) e também os automóveis movidos a álcool, gás ou gasolina registrados no município entre 2003 e 2008. Estima-se que, em 2010, o programa atinja 100% da frota (6,5 milhões de veículos).

3.7.2 Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similares - Promot

O vertiginoso crescimento do segmento das motocicletas e veículos similares nos últimos anos no país e seu perfil de utilização — notadamente no segmento econômico de prestação de serviços de entregas em regiões urbanas — tornou necessário o estabelecimento de um programa específico para o controle das emissões dessa categoria.

Assim, surgiu em 2002 o Programa de Controle da Poluição do Ar por Motocicletas e Veículos Similares - Promot, com o objetivo de complementar o controle do Proconve e contribuir para reduzir a poluição do ar por fontes móveis no Brasil.

A legislação que fundamenta o Promot foi baseada nas legislações vigentes na Europa, principalmente na Diretiva da Comunidade Europeia de nº 97/24/EC, sendo que os primeiros limites propostos para vigorar a partir de 2003 (equivalentes ao limites EURO I) levaram em consideração o estágio tecnológico em que se encontrava a indústria nacional de motocicletas e similares. Seguiram-se fases posteriores com reduções significativas nas emissões, em equivalência aos limites estabelecidos pela Comunidade Econômica Europeia (limites EURO II e EURO III). Subsequentemente, foram publicadas a Instrução Normativa Ibama nº 17/2002 e a Resolução Conama nº 342/2003, complementando a Resolução nº 297/2002, estabelecendo limites EURO III para as motocicletas, cuja entrada em vigor deu-se em 2009.

Tais marcos posicionaram o Brasil apenas uma fase de controle atrás da Comunidade Europeia e resultaram na redução de 2/3 da emissão de monóxido de carbono, em relação aos modelos anteriores sem controle de emissão.

De maneira análoga ao Proconve, são denominadas “fases” do Promot o tempo entre a vigência de um determinado limite de emissão dado pela legislação e a entrada em vigor de novos limites mais restritivos (Fases “M”) (Tabela 3.8). Nas fases estão contempladas inovações tecnológicas nos ciclomotores e similares que possibilitam a redução das emissões. Em termos de limites de emissão adotados, apresenta-se na Tabela 3.9 os avanços do Promot.

Tabela 3.8 Estratégia de implantação do Promot (Fases "M")

Fase	Implantação	Característica / inovação
M-1	2003-2005	Estabeleceu os limites iniciais máximos de emissão de gases de escapamento para ciclomotores novos (veículos de duas rodas e seus similares, providos de um motor de combustão interna, cuja cilindrada não exceda a 50 cc).
M-2	2006-2008	Iniciou a segunda fase com reduções drásticas dos limites estabelecidos pela 1ª fase (CO = redução de 83% na emissão; Hidrocarbonetos + NOx = redução de 60%).
M-3	2009 em diante	Contemplou todos os modelos de ciclomotores, motocicletas e veículos similares novos e veículos em produção. Nesta fase, também ocorre uma redução significativa das emissões de poluentes sendo, em alguns casos, superiores a 50% dos limites previstos na fase anterior.

Fonte: Elaborado por ZAMBONI, A.; SILVA, L. A.; DIAS, J. B.

Tabela 3.9 Limites de emissão para Ciclomotores, Motociclos e Similares de acordo com as fases do Promot

Veículos	Fase	Cilindradas	CO (g/km)	HC + NOx (g/km)	HC (g/km)	NOx (g/km)	COc* (% vol)
Ciclomotores	Fase 1 - 2003	-	6,00	3,00	-	-	-
	Fase 2 - 2005	-	1,00	1,20	-	-	-
Motocicletas e Similares	Fase 1 - 2003	<= 250 cc	13,00	-	3,00	0,30	6,00%
		> 250 cc		-	-		4,50%
	Fase 2 - 2005	< 150 cc	5,50	-	1,20	0,30	-
		>= 150 cc		-	1,00		-
	Fase 3 - 2009	< 150 cc	2,00	-	0,80	0,15	-
		>= 150 cc		-	0,20		-

Fonte: Elaborado por ZAMBONI, A.; SILVA, L. A.; DIAS, J. B.  
\*COc = monóxido de carbono corrigido.

Resultados do Promot

Os principais resultados alcançados pelo Promot mostram, de forma inequívoca, grandes ganhos no controle de emissão de poluentes por esses veículos. Em 2000, uma motocicleta nova emitia uma quantidade 16 vezes superior de monóxido de carbono que um veículo leve (12 g/km rodado contra 0,73 g/km de um automóvel). Já em 2006, esse índice baixou para 2,3 g/km em motos contra 0,33 g/km dos carros (os dados referem-se a motos com motores de 150 cilindradas ou menos). Com a implantação do programa, houve redução das emissões em cerca de 80% para o monóxido de carbono e 70% para os hidrocarbonetos. Para 2009, os limites de emissão de gases poluentes para motocicletas e automóveis serão bastante similares.

3.8 Plano Nacional de Logística e Transportes - PNLT

Dentre os setores que mais contribuem para as emissões de gases de efeito estufa no mundo, destaca-se o de transportes, o qual a cada dia consome mais energia para movimentar as crescentes população e produção globalizadas.

Embora o Brasil seja menos dependente de petróleo no setor de transporte do que outras nações do mundo, devido ao uso de combustíveis alternativos, como o bioetanol e gás natural veicular - GNV, ainda assim as emissões de gases de efeito estufa no setor são consideráveis.

Deve-se notar que, há mais de meio século, a matriz de transporte do país apresenta forte predomínio da movimentação rodoviária, tanto de carga quanto de passageiros. Como boa parte desse transporte, principalmente caminhões e ônibus, ainda é movido a diesel, isso resulta em maiores emissões de gases de efeito estufa.

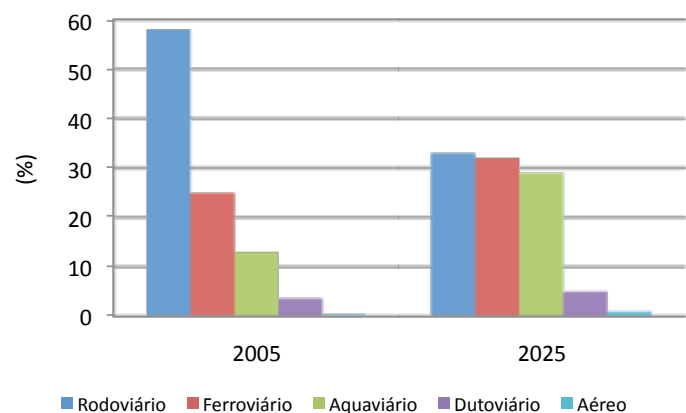
Embora não tenha sido diretamente elaborado para reduzir as emissões de gases de efeito estufa do setor, mas sim para tentar corrigir a distorção da matriz de transporte no país, buscando-se, sobretudo uma matriz de transporte de carga mais equilibrada, o Plano Nacional de Logística e Transporte - PNLT (PNLT, 2007) pode também resultar em importantes medidas de mitigação das emissões.

O PNLT é um plano governamental, desenvolvido para ser um plano de Estado, ou seja, uma proposta para o país, que deverá subsidiar a elaboração dos próximos quatro Planos Plu-

rianuais - PPA. O plano marca a retomada do planejamento dos transportes no país, sendo produto de uma parceria do Ministério dos Transportes e do Ministério da Defesa.

Com a progressiva implantação dos projetos programados no âmbito do PNLT, pretende-se equilibrar a matriz de transportes brasileira, conforme indicado na Figura 3.2.

Figura 3.2 Matriz de Transportes de Carga no Brasil



Fonte: PNLT, 2007.

### 3.9 Medidas contra o Desflorestamento na Amazônia

#### 3.9.1 Principais Causas do Desflorestamento

##### 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.

O baixo preço da terra e a consequente 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.

O desmatamento na Amazônia<sup>173</sup> causado pelos fatores acima mencionados teve início na década de 1970, quando fo-

173 A Amazônia Legal 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 4,2 milhões de km<sup>2</sup>. Desse total, as classes de fisionomia florestal estendem-se por cerca de 3,4 milhões de km<sup>2</sup>.

ram iniciados os programas de colonização agrícola na região Norte promovidos pelo Governo Militar da época. O movimento iniciou-se pelas fronteiras sul e leste, estendendo-se a partir da década de 1980 para a região oeste.

Os programas de colonização da região, naquela época, foram apoiados no Programa de Integração Nacional - PIN, no Programa de Redistribuição de Terras e Estímulos à Agroindústria do Norte e Nordeste - Proterra<sup>174</sup> e nos Programas de polos Agropecuários e Agrominerais na Amazônia - Polamazônia<sup>175</sup>.

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 no sentido de atrair 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 em médio prazo e proporcionaram baixíssimo retorno social e alto impacto ambiental.

Tiveram influência sobre o desmatamento na Amazônia, dentre outros fatores: a existência de políticas de créditos que ofereciam juros reais menores sobre os empréstimos para atividades agrícolas que para os setores não-agrícolas; a política de preços mínimos garantidos para os produtores rurais; as regras flexíveis de "direito de posse" da terra para posseiros; os baixos impostos territoriais; os incentivos fiscais para investimentos em empreendimentos aprovados na região.

174 O PIN e o Proterra faziam 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, ao desmembramento de grandes latifúndios e à 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.

175 O Polamazônia visava à promoção do aproveitamento integrado das potencialidades agropecuárias, florestais e minerais em projetos localizados em 15 áreas selecionadas e especialmente distribuídas na Amazônia Legal.



Entre 1960 e 1990, as decisões centralizadas — inclusive com a participação da Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia - Sudam — sobre obras de infraestrutura e os projetos de desenvolvimento estimulados pelo Governo Federal, a título de “ações para o desenvolvimento e integração da região Norte”, levaram pouco em conta as realidades ambientais, culturais e socioeconômicas da região. O reflexo disso se deu na taxa de desmatamento de 1995, de 29.059 km<sup>2</sup>, a mais alta desde o início do monitoramento por satélite em 1988.

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.

Um estudo divulgado em 2009 investigou como o desenvolvimento humano varia através da fronteira do desmatamento para determinar se o desmatamento está associado a uma melhoria do bem estar da população (RODRIGUES *et al.*, 2009). Tal estudo foi baseado nos dados de IDH de 286 municípios da Amazônia Brasileira (PNUD, 2000). Os municípios foram agrupados em sete classes, descrevendo sua posição em relação à fronteira do desmatamento em 2000, definida tanto em relação à atividade de desmatamento, quanto em relação à extensão do desmatamento. As classes variam de municípios praticamente sem desmatamento, passando progressivamente para classes desmatadas, com aumento e posterior declínio da atividade de desmatamento, até municípios altamente desmatados.

Os resultados mostraram que as pessoas nos municípios que desmataram toda a floresta não possuem uma qualidade de vida melhor do que as dos municípios que mantiveram a floresta preservada. O processo de desmatamento promove uma pequena melhoria nos índices de qualidade de vida da população nos estágios iniciais, porém diminuem à medida que o desmatamento passa a ocupar maiores áreas no município. O desmatamento, portanto, não gera riqueza e ainda compromete a possibilidade de geração futura de riquezas e oportunidades. Essa teoria (testada por RODRIGUES *et al.*, 2009) é conhecida como boom-colapso (SCHNEIDER *et al.*, 2000).

### **Características das Atividades Econômicas na Amazônia**

As relações entre as atividades primárias e a floresta na Amazônia 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, estimuladas por programas governamentais e linhas de crédito. A Amazônia tem apresentado nas últimas décadas um forte incremento da população residente, em especial nas grandes cidades. 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 e acima de 15 milhões em 2007. Essa pressão populacional também é um dos fatores que provoca as mudanças do uso da terra na região.

A expansão agrícola e pecuária na Amazônia, além de ser fator de desflorestamento na região, pode resultar em degradação e em abandono de áreas utilizadas.

Para a circulação de pessoas e produtos, houve nas últimas décadas a construção de um grande número de estradas, que está diretamente correlacionado à densidade populacional, aos estabelecimentos agrícolas, às atividades econômicas e, consequentemente, ao desflorestamento.

Os efeitos diretos da mineração na Amazônia sobre o desflorestamento têm sido limitados, mas os investimentos massivos nos polos minerais levaram a um boom de desenvolvimento que provocou impactos mais abrangentes na região. Entretanto, o garimpo de ouro provocou enormes danos ambientais à região e à população local, principalmente em mulheres grávidas, crianças e idosos (HACON *et al.*, 1997; HACON, 2000). Estima-se que para cada quilo de ouro extraído da Amazônia, tenham sido emitidos 1,2 kg de mercúrio para a atmosfera (LACERDA *et al.*, 2001).

Outra atividade econômica relevante na Amazônia é a exploração da madeira, que não é uma atividade recente, pois vem 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 três últimas décadas, porém, verificou-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. Além disso, tem expressiva participação no mercado madeireiro internacional, sendo o segundo maior exportador de madeiras tropicais serradas.

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 etc.), têm baixo valor relativo 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. Por outro lado, sua extração sustentável é o modo de vida de povos indígenas e comunidades tradicionais na região, cujo sustento encontra-se ameaçado devido à exploração desordenada desses recursos com fins comerciais.

Entende-se que a sustentabilidade florestal, englobando seus aspectos ambientais, legais, econômicos e sociais, é imprescindível para a região. É necessário, portanto, 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 e incentivar essa opção.

O uso ineficiente dos recursos florestais na Amazônia brasileira deriva primordialmente de duas causas: (i) 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; (ii) 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 nos níveis local e nacional. Visando a resolver tais questões, desde 2006, o Governo Federal vem buscando incentivar o manejo florestal sustentável em terras públicas na Amazônia, por meio da instituição de arcabouço jurídico (Lei de Gestão de Florestas Públicas e seus regulamentos) e institucional (criação do Serviço Florestal Brasileiro e definição de competências estaduais e municipais).

O manejo florestal sustentável é definido pela Lei de Gestão de Florestas Públicas<sup>176</sup> como “a administração da floresta para obtenção de benefícios econômicos, sociais e ambientais, respeitando-se os mecanismos de sustentação do ecossistema objeto do manejo e considerando-se cumulativa ou alternativamente, a utilização de múltiplas espécies madeiras, de múltiplos produtos e subprodutos não madeireiros, bem como a utilização de outros bens e serviços de natureza florestal”<sup>177</sup>.

176 Artigo 3º, inciso VI da Lei nº 11.284/06.

177 Tal artigo está em conformidade com o artigo 4.1.d da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima que dispõe que todas as Partes, de acordo com suas responsabilidades comuns mas diferenciadas e suas prioridades de desenvolvimento, objetivos e circunstâncias específicas, nacionais e

Assim, percebe-se que os planos de manejo florestal devem ser norteados pela preocupação em relação à conservação dos recursos naturais, da estrutura da floresta e de suas funções; e à manutenção da diversidade biológica e ao desenvolvimento socioeconômico da região. Essa lei cria ainda a modalidade de concessão florestal, que é a delegação onerosa, feita pelo poder concedente, do direito de praticar manejo florestal sustentável para exploração de produtos e serviços numa unidade de manejo, mediante licitação, à pessoa jurídica, em consórcio ou não, que atenda às exigências do respectivo edital de licitação e demonstre capacidade para seu desempenho, por sua conta e risco e por prazo determinado. Busca-se assim agregar sustentabilidade e controle do Estado sobre a exploração madeireira comercial.

Assim, procurou-se regulamentar a exploração da floresta e das demais formas de vegetação arbórea para o uso alternativo do solo na Amazônia. A legislação florestal brasileira ainda estabelece como obrigatória a reposição florestal, que é a compensação do volume de matéria-prima extraído de vegetação natural pelo volume de matéria-prima resultante de plantio florestal para geração de estoque ou recuperação de cobertura florestal. É obrigada à reposição florestal a pessoa física ou jurídica que utiliza matéria-prima florestal oriunda de supressão de vegetação natural e que detenha autorização de supressão de vegetação natural<sup>178</sup>.

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 às regiões Sul e ao Sudeste, não tendo sido ainda estendidas aos recursos florestais da Amazônia. Deve-se ainda considerar que há poucos centros de capacitação técnica e trabalhadores qualificados para tal atividade na região.

Um dos fatores de complexidade e de alto custo da implementação de manejos florestais em áreas tropicais é a alta diversidade de espécies (ssp) arbóreas. Enquanto os planos de

regionais, devem “promover a gestão sustentável, bem como promover e co-operar 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.”

178 Decreto nº 5.975, de 30 de novembro de 2006.

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.

### ***Distribuição Fundiária e Questões Macroeconômicas***

Segundo dados do IBGE, no quadro fundiário dessa região, 24% do território são reclamados como área privada; 29% são áreas legalmente protegidas, incluindo as Unidades de Conservação e Terras Indígenas, e 47% são terras públicas e/ou devolutas sobre as quais a supervisão do Poder Público é ainda incipiente.

A ausência de ordenamento territorial e de regularização fundiária neste grande volume de terras públicas, combinada com a fragilidade da presença do Estado, incentiva a “grilagem”<sup>179</sup> e outras formas de ocupação indevida da terra, estimula a exploração predatória dos recursos naturais e a impunidade dos crimes ambientais. Este quadro tem consequências sociais importantes, uma vez que contribui, decisivamente, para o acirramento de conflitos decorrentes da disputa pela terra, nos quais, historicamente, têm levado vantagem os setores mais capitalizados, favorecendo a concentração fundiária na região (BRASIL, 2004b).

Diretamente relacionado ao problema das atividades primárias na Amazônia está o problema da distribuição fundiária. O Brasil tem um sério problema de distribuição fundiária, sendo que 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, conseqüentemente, 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 35,9% na região Norte, chegando a 56,3% em 1978, e representando 47,4% em 1992<sup>180</sup>.

A Constituição Federal de 1988 procurou estabelecer os fundamentos para mudar esse padrão. A Constituição dispõe

que<sup>181</sup> a propriedade atenderá a sua função social e dispõe ainda<sup>182</sup>, que “compete à União desapropriar por interesse social, para fins de reforma agrária, o imóvel rural que não esteja cumprindo sua função social”. Apesar da norma que contém o princípio da função social da propriedade incidir imediatamente, ou seja, ser de aplicabilidade imediata, como o são todos os princípios constitucionais, ainda é um tema que suscita dúvidas. A Constituição ainda dispõe<sup>183</sup>, 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 Amazônia, 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 improdutiva para efeito de reforma agrária. Embora essa distorção tenha sido revista nos últimos anos, 80% das terras destinadas à reforma agrária estão situadas na Amazônia Legal.

Ao longo das últimas décadas, a Amazônia tem sido priorizada pelo Governo Federal para a criação de assentamentos rurais. A falta de planejamento territorial adequado pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA e pelos órgãos fundiários estaduais tem criado assentamentos em locais inadequados. Em precárias condições de sobrevivência, muitos produtores familiares acabam por abandonar suas áreas em busca de emprego ou terras em novas frentes de ocupação na Amazônia. Os compradores dessas áreas (geralmente comerciantes locais, madeireiros e pecuaristas, inclusive colonos mais bem-sucedidos) adquirem terras por meio de transações informais. Como resultado desse processo de (re)concentração fundiária nos assentamentos de reforma agrária, observam-se tendências de aumento do desmatamento, associado à expansão da pecuária extensiva (BRASIL, 2004b).

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, as variações na taxa de desflorestamento podem ser influenciadas por diversos fatores, entre outros as pressões populacionais, existência de crises econômicas e conflitos sociais, instabilidade política e insegurança jurídica presente em determinadas áreas específicas na região. O conjunto desses fatores no Brasil resultaram em aumento na taxa de desmatamen-

179 A “grilagem” é a apropriação indevida de terras públicas, por meio da falsificação de documentos. Vários são os interesses para a existência dessa prática criminosa: especulação imobiliária, venda de recursos naturais do local (principalmente madeira), lavagem de dinheiro e até captação de recursos financeiros.

180 INCRA, Atlas Fundiário Brasileiro, 1996.

181 Artigo 5º, inciso XXIII.

182 Artigo 184.

183 Artigo 188.



to para um recorde histórico no período 1994-1995: 29.059 km<sup>2</sup> da Floresta Amazônica (INPE, 2010<sup>184</sup>). Isso representa um aumento de 38% com relação à média da taxa anual do desflorestamento bruto observado no período 1978-89, de 21.130 km<sup>2</sup>.

Adicionalmente, a existência de atividades de exploração ilegal de madeiras-de-lei na Amazônia via a operação ilegal<sup>185</sup> de serrarias, tanto estrangeiras como nacionais, demonstra ainda a necessidade de fortalecimento institucional dos órgãos de fiscalização, gestão e ordenamento territorial na Amazônia.

### 3.9.2 Medidas contra o Desflorestamento

#### Medidas Legais

O levantamento de dados para um relatório produzido pela então Secretaria de Assuntos Estratégicos - SAE e a taxa anual de desflorestamento bruto publicada pelo INPE<sup>186</sup> forneceram dados que sensibilizaram o governo e o impeliram a adotar ações para reverter tal cenário<sup>187</sup>. A partir de julho de 1996, o governo estabeleceu o “Pacote Amazônico”, que previa duas ações emergenciais.

A primeira ação emergencial<sup>188</sup> 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 anos<sup>189</sup>. 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. Posteriormente o mogno passou a ter proteção internacional por meio da Convenção sobre o Comércio Internacional de Espécies Ameaçadas da Fauna selvagem e Flora - CITES.

A segunda ação<sup>190</sup> restringiu o corte raso na Amazônia, aumentando de 50% para 80% a reserva legal na Amazônia. Tal medida já foi reeditada 67 vezes<sup>191</sup>, o que lhe tem conferido vigência até que haja sua revogação por Medida Provisória ou deliberação definitiva do Congresso Nacional.

Outro aspecto legal relevante para o controle do desmatamento é a Lei de Crimes Ambientais<sup>192</sup>. 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 consequências mais sérias para indivíduos e empresas.

No ano 2000, foi criado o Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC<sup>193</sup>. A implementação e consolidação de unidades de conservação já ocorria anteriormente a essa lei, porém intensificou-se após essa medida legal e acabou provando ser efetiva no combate ao desmatamento por dar destinação a áreas sujeitas a processos de “grilagem”.

Em 2002, o Governo Federal lançou o Programa Áreas Protegidas da Amazônia - ARPA, com duração prevista de dez anos, para expandir, consolidar e manter uma parte do SNUC no Bioma Amazônia, protegendo pelo menos 50 milhões de hectares e promovendo o desenvolvimento sustentável da região.

O ARPA funciona buscando identificar áreas que sejam mais importantes para representar amostras da diversidade da ecologia amazônica; promovendo a criação e consolidação de unidades de conservação de proteção integral e de uso sustentável, articuladas em conjuntos (mosaicos) de áreas protegidas; desenvolvendo estratégias de sustentabilidade financeira das unidades de conservação em longo prazo; contemplando o apoio ao desenvolvimento das comunidades locais; avaliando a efetividade das áreas protegidas; e monitorando a conservação da diversidade biológica.

A segunda fase do Programa Áreas Protegidas da Amazônia (2009-2012) tem meta de criação de 20 milhões de hectares de novas áreas (10 milhões de hectares de proteção integral e 10 milhões de hectares de uso sustentável), atingindo 60 milhões de hectares de unidades de conservação na Amazônia até 2012.

184 Vide: [http://www.obt.inpe.br/prodes/prodes\\_1988\\_2009.htm](http://www.obt.inpe.br/prodes/prodes_1988_2009.htm)

185 A operação ilegal de serrarias estrangeiras foi identificada porque 22 dessas serrarias declararam que tinham 508.000 hectares e que estavam explorando apenas 186.000 hectares. Entretanto, com estes 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.

186 Vide nesta Parte seção, 3.10.1 sobre o Prodes.

187 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.

188 Estabelecida por meio do Decreto Presidencial nº 1.963/1996.

189 Essa moratória foi prorrogada até o ano de 2001 para a exploração do mogno.

190 Medida Provisória nº 1.511, de 25 de julho de 1996, que, entre outras providências, dá nova redação ao artigo 44 da lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. A Medida Provisória nº 2.166, de 24 de agosto de 2001, também altera significativamente os arts. 1º, 4º, 14, 16 e 44, e acresce dispositivos à lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965.

191 Sob o nº 2166/01, foi alcançada pela Emenda Constitucional nº 32/2001.

192 Lei nº 9605/1998.

193 Vide nesta Parte seção 3.11, sobre Sistema Nacional de Unidades de Conservação.

A execução financeira é de responsabilidade do Fundo Brasileiro para a Biodiversidade - Funbio, e conta com recursos de doação do GEF, gerenciado pelo Banco Mundial, do Banco de Crédito para a Reconstrução e o Desenvolvimento Alemão - KfW e da Rede WWF, por meio do WWF-Brasil, além da cooperação técnica da Agência de Cooperação Técnica Alemã - GTZ.

Dentre os principais resultados das ações de Fomento às Atividades Produtivas no período 2004-2008, destaca-se a aprovação da lei<sup>194</sup> que dispõe sobre a gestão de Florestas Públicas, a implementação do sistema de concessão florestal, o aumento de 300 mil para 3 milhões de hectares de florestas manejadas com certificação independente na Amazônia e a criação do Distrito Florestal Sustentável da BR 163.

Outro instrumento importante instituído por meio da Lei sobre Gestão de Florestas Públicas para a produção sustentável foi o Cadastro Nacional de Florestas Públicas - CNFP. O CNFP é formado pelo cadastro de florestas públicas da União, pelos cadastros de florestas públicas dos estados, do Distrito Federal e dos municípios, e será interligado ao Sistema Nacional de Cadastro Rural. Seu objetivo é reunir dados georreferenciados sobre as florestas públicas brasileiras, de modo a oferecer aos gestores públicos e à população em geral uma base confiável de mapas, imagens e dados com informações relevantes para a gestão florestal, condicionando os processos de destinação comunitária, a criação de unidades de conservação, a realização futura das concessões florestais e contribuindo para a transparência das informações florestais e para a participação social nos processos de gestão.

Essa lei dispõe sobre a Gestão de Florestas Públicas para a produção sustentável; institui, na estrutura do Ministério do Meio Ambiente, o Serviço Florestal Brasileiro - SFB; cria o Fundo Nacional de Desenvolvimento Florestal - FNDF; além de alterar outras leis<sup>195</sup>.

Além disso, é importante destacar a lei<sup>196</sup> que dispõe sobre a regularização fundiária das ocupações incidentes em terras situadas em áreas da União, no âmbito da Amazônia Legal. Essa lei, embora precise de ajustes, é um passo importante para a solução da questão fundiária na Amazônia, que é um dos principais problemas estruturais do desmatamento.

Outra medida relevante é o Programa Federal de Apoio à Regularização Ambiental de Imóveis Rurais, denominado

“Programa Mais Ambiente”<sup>197</sup>. O decreto de criação do Programa visa à implementação do Código Florestal no território nacional, por meio de informações georreferenciadas sobre reservas legais e áreas de preservação permanente, com o compromisso subsequente de regularização dessas áreas pelos detentores de imóveis rurais.

### Medidas Administrativas

Apesar da importância dessas medidas, a eficácia das mesmas está condicionada a um melhor aperfeiçoamento do esquema de fiscalização, de capacitação e de monitoramento da Amazônia (auditorias, descentralização, capacitação humana e institucional, informatização, educação, etc.).

É fundamental o desenvolvimento de um sistema de fiscalização do desflorestamento mais efetivo na Amazônia, de forma que envolva ações que busquem direcionar a exploração e a utilização dos recursos naturais para a legalidade, por meio da aplicação de instrumentos legais. Nesse sentido, a fiscalização é uma importante ferramenta de preservação, com a finalidade de coordenar, executar e fazer executar as determinações do poder público.

Além disso, um novo esquema de fiscalização direcionado para auditorias em grandes serrarias tem sido implementado pelo Ibama, o qual pretende ser mais efetivo que o aumento de oficiais do Ibama *in loco*. O esquema anterior mostrou-se ser ineficiente em longo prazo. O isolamento dos oficiais governamentais trabalhando no meio da floresta tem sido um obstáculo para uma ação efetiva.

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 georreferenciada e sensores aerotransportados, pois agora as ações são planejadas com antecedência e mais direcionadas.

A divulgação anual dos dados sobre desflorestamento constitui medida fundamental para orientar o planejamento das ações políticas e figuram como importantes instrumentos disponíveis ao Governo Federal e à sociedade brasileira.

194 Lei nº 11.284/2006.

195 Leis nº 10.683/2003, 5.868/1972, 9.605/1998, 4.771/1965, 6.938/1981, e 6.015/1973.

196 Lei 11.952, de 26 de junho de 2009. Esta Lei altera as Leis nº 8.666, de 21 de junho de 1993, e 6.015, de 31 de dezembro de 1973; e dá outras providências.

197 Decreto nº 7029/2009.

## 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<sup>198</sup> 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.

A Política Nacional de Meio Ambiente<sup>199</sup> 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 sistema de financiamento público tem sido 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 preocupações ambientais forem verdadeiramente institucionalizadas nas práticas financeiras, como disposto no Protocolo Verde, as instituições financeiras nacionais podem representar um instrumento efetivo para o cumprimento da legislação e dos programas ambientais. Essa estratégia tem atingido relativo sucesso nas instituições financeiras internacionais.

Uma das medidas mais eficazes de redução dos desmatamentos foi a introdução de critérios ambientais para o crédito rural no bioma Amazônia<sup>200</sup>. Passam a ser exigidos nas operações de financiamento o Certificado de Cadastro de Imóvel Rural - CCIR vigente; bem como a licença, certificado, cer-

tidão ou documento similar comprobatório de regularidade ambiental, vigente, do imóvel onde será implantado o projeto a ser financiado, expedido pelo órgão estadual responsável; ou, pelo menos, um atestado de recebimento da documentação exigível para fins de regularização ambiental do imóvel, emitido pelo órgão estadual responsável.

Vale também citar iniciativas do setor privado, como a “Moratória da Soja” e o “Grupo da Pecuária Sustentável”, que buscam agregar sustentabilidade e rastreabilidade da produção em face de pressões de mercado.

Outra ação que conjuga as preocupações concernentes aos incentivos econômicos e à melhoria na fiscalização são os projetos Flona. 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, estabelecidas com os objetivos de: 1) promover o manejo dos recursos naturais, com ênfase na produção de madeira e outros produtos vegetais; 2) garantir a proteção dos recursos hídricos, das belezas cênicas e dos sítios históricos e arqueológicos; 3) fomentar o desenvolvimento de pesquisa científica básica e aplicada, da educação ambiental e das atividades de recreação, lazer e turismo. O intuito básico é aumentar a área na Amazônia sob o controle do Estado (21% da área da Amazônia em território brasileiro pertence ao Governo Federal), reservando-a para fins de florestamento e promovendo seu uso de forma sustentável<sup>201</sup>.

O projeto das Flona representa, 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 ONG's - tais como WWF - 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<sup>202</sup>, e o avanço na instituição de Flona devem representar uma primeira iniciativa para a efetiva implementa-

198 Vide nesta Parte seção 3.14, sobre Medidas de Caráter Financeiro e Tributário.

199 O artigo 14 da Lei nº 6.938/1981, em seu caput e incisos II e III.

200 Através da Resolução nº 3545 do Banco Central.

201 De acordo com o Decreto nº 1.289/1994.

202 De acordo com artigo 3º da Medida Provisória nº 1.511-16/1997.



ção do “Pacote Amazônico”. Sua efetivação, no longo prazo, depende de três medidas básicas: uma ampla revisão do sistema de aquisição de terras, que ainda permite companhias privadas (nacionais e internacionais) a deter enormes extensões de terras no Brasil; a realização de um levantamento para avaliar se as reservas legais daquelas propriedades têm sido oficialmente asseguradas, tendo em vista que a efetiva implementação das reservas legais na região resultou em uma significativa contribuição para a conservação da cobertura vegetal no Brasil; a implementação de uma ampla campanha para informar consumidores internacionais da existência de mais de 100 espécies de árvores tropicais para uso comercial - além do mogno - de forma que as mudanças no manejo de projetos florestais possam ser impulsionadas pelo mercado internacional.

Em 2002, havia 59 Florestas Nacionais, ocupando uma área de mais de 16 milhões de hectares. Esse número subiu para 77 Flona em 2009, alcançando quase 23 milhões de hectares<sup>203</sup>. Nessas áreas, o governo poderá ser capaz de fazer melhor supervisionamento 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 que tem base econômica é a lei<sup>204</sup> que regulamenta o Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural - ITR, que favorece o manejo e a reposição florestal, incluindo mecanismos de política florestal no cálculo do imposto sobre a terra<sup>205</sup>.

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, localizado fora da zona urbana do município, ou seja, na zona rural. De acordo com essa lei, para os efeitos de apuração do imposto devido considerar-se-á o valor do imóvel, excluídos os valores relativos a construções, instalações e benfeitorias; culturas permanentes e temporárias; pastagens cultivadas e melhoradas; e florestas plantadas.

A área sobre a qual deve incidir o imposto é considerada a área total do imóvel, menos as áreas<sup>206</sup>:

203 Vide nesta Parte seção 3.11, sobre Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC.

204 Lei nº 9.393/1996.

205 Vide nesta Parte seção 3.14, sobre Medidas de Caráter Financeiro e Tributário.

206 A Medida Provisória de nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, dá nova redação ao artigo 10 da Lei nº 9.393/96, dispondo que as áreas sob regime de servidão florestal também devem ser excluídas da área total do imóvel para cálculo do ITR. De acordo com a mesma medida provisória, que acresce disposição ao artigo 44 da Lei nº 4.771/65, o proprietário rural poderá instituir servidão florestal, mediante a qual voluntariamente renuncia, em caráter permanente ou

a) de preservação permanente<sup>207</sup> e de reserva legal<sup>208,209</sup>;

b) de interesse ecológico para a proteção dos ecossistemas, assim declaradas mediante ato do órgão competente, federal ou estadual, e que ampliem as restrições de uso previstas no item anterior;

c) comprovadamente imprestáveis para qualquer exploração agrícola, pecuária, granjeira, aquícola ou florestal, declaradas de interesse ecológico mediante ato do órgão competente, federal ou estadual.

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 - RPPNs.

Deve-se também registrar que foi estabelecida uma linha de crédito intitulada Pró-Recuperação, com base na redução das taxas de juros de 4% ao ano<sup>210</sup>, para financiamentos no âmbito dos “Fundos Constitucionais” destinados à regularização e recuperação de áreas de reserva legal e de preservação permanente degradadas. Outra medida, no âmbito dessa Medida Provisória, fundamental no contexto da transição para a sustentabilidade e legalidade dos estabelecimentos rurais, é a possibilidade de utilização da floresta como garantia para o financiamento do manejo florestal sustentável e do reflorestamento, o que impactará também outras regiões do país.

Outra importante medida financeira em relação à qual havia grande expectativa foi a criação do Fundo Amazônia<sup>211</sup>.

temporário, a direitos de supressão ou exploração da vegetação nativa, localizada fora da reserva legal e da área com vegetação de preservação permanente. A limitação ao uso da vegetação da área sob regime de servidão florestal deve ser, no mínimo, a mesma estabelecida para a reserva legal.

207 A Medida Provisória de nº 2.166-67, também define área de preservação permanente como a “área protegida nos termos dos arts. 2º e 3º do Código Florestal, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas”.

208 A Medida Provisória de nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, também dá nova redação ao artigo 1º da Lei nº 4.771/1965, no qual define área de reserva legal como a “área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, excetuada a de preservação permanente, necessária ao uso sustentável dos recursos naturais, à conservação e reabilitação dos processos ecológicos, à conservação da biodiversidade e ao abrigo e proteção de fauna e flora nativas”.

209 Previstas na Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, com redação dada pela Lei nº 7.803, de 18 de julho de 1989. Deve ser considerada a redação da medida provisória de nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001.

210 Feita por meio da Medida Provisória nº 432/2008 (convertida na Lei nº 11.775, de 17 de setembro de 2008).

211 Criado pelo Decreto nº 6.527, de 1º de agosto de 2008. Vide nesta Parte seção 3.14.4, sobre o Fundo Amazônia.

### 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: ouvir todos os segmentos envolvidos com o problema, identificar propostas e negociar soluções em busca de consenso, por meio da elaboração de agendas positivas com os estados brasileiros integrantes da Amazônia.

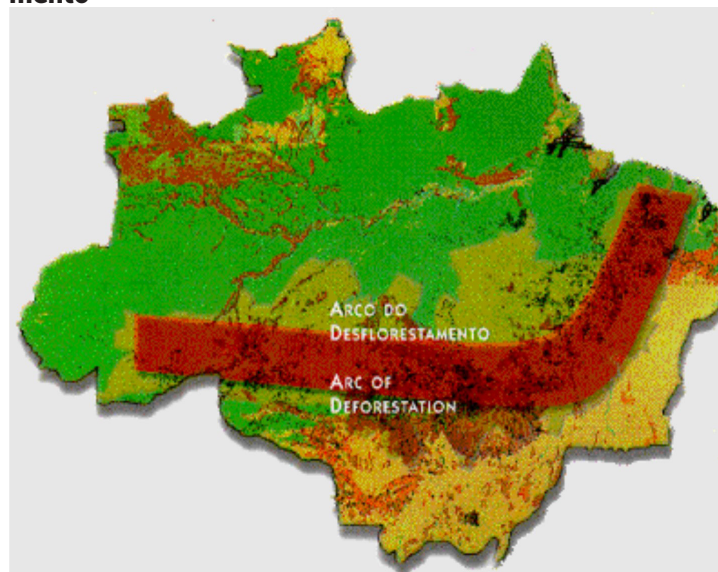
A elaboração de uma agenda positiva pressupõe que problemas como desmatamentos e queimadas não serão equacionados somente por meio de fiscalização, mas por um esforço articulado de diversos segmentos da sociedade, apresentando alternativas que gerem emprego e renda, de forma sustentável, contribuindo para a solução das crises econômicas e ambientais baseada em diretrizes políticas.

O Decreto Presidencial de 3 de julho de 2003 instituiu o Grupo Permanente de Trabalho Interministerial para a Redução dos Índices de Desmatamento da Amazônia Legal, com a finalidade de propor medidas e coordenar ações que visem a redução dos índices de desmatamento na Amazônia Legal, por meio dos seguintes instrumentos:

- ordenamento fundiário nos Municípios que compõem o chamado Arco do Desflorestamento (Figura 3.3)<sup>212</sup>;
- incentivos fiscais e creditícios com o objetivo de aumentar a eficiência econômica e a sustentabilidade de áreas já desmatadas;
- procedimentos para a implantação de obras de infraestrutura ambientalmente sustentáveis;
- geração de emprego e renda em atividades de recuperação de áreas alteradas;
- incorporação ao processo produtivo de áreas abertas e abandonadas e manejo das áreas florestais;
- atuação integrada dos órgãos federais responsáveis pelo monitoramento e a fiscalização de atividades ilegais no Arco do Desflorestamento; e
- outros que julgar pertinentes.

212 Vide nesta Parte seção 3.12.1, sobre o Programa de Prevenção e Controle de Queimadas e Incêndios Florestais no Arco do Desflorestamento – Proarco.

**Figura 3.3 Municípios com maiores taxas de desflorestamento na Amazônia, que formam o “Arco do Desflorestamento”**



Fonte: Ibama, 1998.

Esse grupo é coordenado pela Casa Civil da Presidência da República e é composto por mais 13 Ministérios e estabeleceu como uma de suas principais medidas o Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal - PPCDAM.

Esse plano tem como objetivo geral promover a redução das taxas de desmatamento na Amazônia brasileira, por meio de um conjunto de ações integradas de ordenamento territorial e fundiário, monitoramento e controle, fomento a atividades produtivas sustentáveis e infraestrutura, envolvendo parcerias entre órgãos federais, governos estaduais, prefeituras, entidades da sociedade civil e o setor privado. A criação do PPCDAM em 2003 resultou em uma gradativa e significativa redução do desmatamento a partir de 2004.

O PPCDAM está dividido em 3 eixos principais de atividades:

**Eixo Ordenamento Fundiário e Territorial** – As políticas relacionadas a esse eixo na Amazônia brasileira, definidoras de normas sobre os direitos de acesso à terra e de diretrizes para o uso e exploração dos recursos naturais, têm uma forte influência sobre a dinâmica do desmatamento, das queimadas e da exploração madeireira ilegal na região. Os objetivos específicos das ações estratégicas de ordenamento territorial na Amazônia brasileira, são:

- prover o Estado brasileiro de instrumentos legais, técnicos e políticos, visando a garantir o ordenamento territorial em bases sustentáveis;

- promover o combate à grilagem e outras formas de apropriação indevida de terras públicas e promover ações de regularização fundiária, com prioridade para as áreas críticas do Arco do Desflorestamento;
- implementar o Programa Nacional de Reforma Agrária, observando as características sociais, culturais e ambientais da região;
- implementar o Programa Nacional de Reforma Agrária, observando as características sociais, culturais e ambientais da região;
- revisar as políticas de utilização e destinação de terras públicas à luz dos princípios do desenvolvimento sustentável;
- promover a ampliação e consolidação de Unidades de Conservação e Terras Indígenas, com prioridade para as áreas críticas de desmatamento;
- implementar ações de ordenamento territorial e desenvolvimento local sustentável em áreas prioritárias do Arco do Desflorestamento.

Dentre os principais resultados alcançados das ações de Ordenamento Fundiário e Territorial no período 2004-2008, destaca-se a criação de um cinturão verde de UCs (cerca de 26 milhões de hectares) ao longo da fronteira do desmatamento, em áreas sob intenso desmatamento e conflito fundiário. Adicionalmente, cerca de 10 milhões de hectares em Terras Indígenas foram homologadas; novos critérios para destinação de terras públicas foram adotados e milhares de posseiros tiveram o Certificado de Cadastro de Imóvel Rural cancelados.

Eixo Monitoramento e Controle Ambiental – O Plano propõe um conjunto de ações integradas que possam traduzir no curto, médio e longo prazos uma efetiva e definitiva presença do Estado na Amazônia. Além do aprimoramento de todo o sistema normativo ambiental, a integração dos trabalhos é essencial e deve contemplar as competências institucionais de cada um dos participantes e as necessidades de enfrentar problemas de forma integrada, por meio de parcerias. Propõe-se ainda o desenvolvimento de uma série de iniciativas de sensibilização e mobilização social voltadas à prevenção de danos ambientais relacionados ao desmatamento e queimadas, integradas às ações propostas pelo Subgrupo de Fomento a Atividades Produtivas Sustentáveis.

Assim, foram definidos os seguintes objetivos específicos em relação ao tema Monitoramento e Controle:

- reduzir o desmatamento ilegal e outros ilícitos ambientais em áreas críticas, efetivando a presença do Estado por meio de ações de monitoramento, licenciamento e fiscalização, contemplando as necessidades de fortalecimento de parcerias entre a União, os estados e os municípios, e de participação ativa da sociedade;
- aprimorar a sistematização e disseminação de informações atualizadas oriundas do monitoramento do desmatamento, das queimadas e da exploração madeireira, como subsídio para ações de licenciamento e fiscalização, e a participação da sociedade no seu acompanhamento;
- contribuir para o aperfeiçoamento de procedimentos de licenciamento ambiental, superando entraves identificados em termos legais e operacionais; e
- combater o crime ambiental, junto com os demais ilícitos associados ao mesmo, criando uma cultura de “fiscalização ambiental integrada”.

Dentre os principais resultados das ações estratégicas de Monitoramento e Controle no período 2004-2008, destacam-se o desenvolvimento e consolidação de sistemas de monitoramento do desmatamento (Prodes, Deter e Detex) e o aprimoramento das ações de fiscalização do Ibama, com base em uma metodologia de identificação das áreas prioritárias para fiscalização, resultando na apreensão expressiva de volumes de madeira em tora e de equipamentos.

Eixo Fomento a Atividades Produtivas Sustentáveis – As propostas definidas para este eixo consideraram as seguintes recomendações: o Governo Federal, em colaboração com os governos estaduais e municipais, deveria focar sua política de fomento agrícola no aumento da produtividade das terras já desmatadas e na incorporação das áreas abandonadas ao processo produtivo; deveria haver promoção de opções econômicas que possam conviver com a floresta e a biodiversidade, ou que delas necessitem para existir; e deveria haver promoção da recuperação das áreas de preservação permanente e de reserva legal, conforme estabelecido no Código Florestal.

A partir dessas considerações, foram estabelecidos os seguintes objetivos gerais:

- contribuir para o desenvolvimento sustentável da região;
- promover a agricultura familiar sustentável;
- promover a recuperação de áreas degradadas;



- promover a produção florestal sustentável (madeira e não-madeira) comunitária e empresarial;
- promover a intensificação da agropecuária em áreas já desmatadas, em bases sustentáveis.

A partir de 2008, o PPCDAM (BRASIL, 2004b) inaugurou um novo patamar de relacionamento com os estados da Amazônia, apoiando a elaboração de Planos Estaduais de Prevenção e Controle do Desmatamento. Esses Planos seguem os mesmos princípios e diretrizes do Plano no nível federal, e estabelecerão metas de redução do desmatamento, constituindo instrumentos fundamentais no enfrentamento à problemática da mudança do clima. Estados com Planos Estaduais terão assento no Comitê Orientador do Fundo Amazônia. A nova fase do PPCDAM (2008-2012) é caracterizada por uma estratégia que pode ser resumida como a responsabilidade compartilhada pelo controle dos desmatamentos, envolvendo estados, municípios, setor privado e sociedade civil. Nesse sentido, há medidas atreladas à sustentabilidade do financiamento agropecuário e de monitoramento dos elos das cadeias produtivas. Uma das grandes linhas de ação é o cadastramento ambiental rural, que permitirá aos estados e municípios mais eficácia no monitoramento de sua cobertura vegetal, a possibilidade de responsabilizar aqueles que praticam ilícitos relacionados ao descumprimento do Código Florestal, além de constituir a base para uma estratégia de transição para a sustentabilidade das atividades produtivas.

A partir de 2008, passou a ser divulgada uma lista dos municípios com maiores índices de desmatamento na Amazônia, com 36 municípios naquele ano e 42 em 2009. Para sair da lista, os municípios devem ter pelo menos 80% de suas propriedades cadastradas num sistema georreferenciado de Cadastro Ambiental Rural - CAR e demonstrar redução no desmatamento.

Além do PPCDAM no nível nacional, alguns estados já criaram ou estão criando seus próprios planos estaduais de combate ao desmatamento, como é o caso de Mato Grosso, Pará, Amazonas e Acre que lançaram seus Planos de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e Queimadas em 2009.

No plano internacional, deve-se destacar a participação do Brasil em iniciativas que têm como objetivo a promoção da redução do desmatamento em âmbito global, como a Parceria Paris-Oslo para Financiamento de Redução de Emissões de Degradação e Desmatamento - REDD (sigla em inglês de *Reduction of Emissions from Degradation and Deforestation*).

### 3.10 Programa de Monitoramento da Amazônia por Sensoriamento Remoto

O programa de Monitoramento da Amazônia por Sensoriamento Remoto do INPE conta com quatro sistemas operacionais e complementares: Prodes, Queimadas, Deter e Degrad. O Prodes é operado pelo INPE desde 1988 para estimar a taxa anual do desmatamento por corte raso, quando ocorre a retirada total da cobertura florestal. O Prodes identifica áreas de corte raso maiores que 6,25 ha. Não registra as derrubadas parciais da floresta resultantes de queimadas e de extração seletiva de madeira.

Os dados do Prodes não são suficientes para ações de prevenção e de fiscalização, devido ao tempo que levam para ser produzidos e por incluir apenas as áreas de corte raso. Por isto, a partir de 2004, o INPE implementou o Sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real - Deter, para o monitoramento contínuo do desmatamento e da degradação florestal. O Deter fornece a localização e a dimensão aproximada de novas ocorrências de mudanças na vegetação para auxiliar ações de fiscalização e controle do desmatamento. O sistema foi criado para atender ao PPCDAM.

Adicionalmente, o INPE mantém desde 1985 um sistema operacional de monitoramento de desmatamento por satélite. Para isto, desenvolveu metodologias e programas para identificar focos de calor em imagens de satélites de baixa resolução, como os da série NOAA, GOES, TERRA, AQUA e METEOSAT.

Em 2008, o INPE desenvolveu o sistema Degrad, em função das indicações do crescimento da degradação florestal da Amazônia obtidas a partir dos dados do Deter. Trata-se de um novo sistema destinado a mapear áreas em processo de desmatamento em imagens LANDSAT e CBERS, onde a cobertura florestal ainda não foi totalmente removida. O objetivo deste sistema é mapear, em detalhe, áreas de floresta com tendência a ser convertida a corte raso. Essas áreas não são computadas pelo Prodes.

#### 3.10.1 Projeto de Estimativa do Desflorestamento Bruto da Amazônia Brasileira - Prodes

##### *Aspectos Técnicos*

O Projeto de Estimativa do Desflorestamento Bruto da Amazônia Brasileira - Prodes é o maior projeto de monitoramento de florestas do mundo utilizando técnicas de sensoriamento remoto por satélite. Desde 1988, o INPE vem produzindo estimativas anuais das taxas de desflorestamento da Amazônia

Legal. A partir de 2003, o INPE passou a adotar o processo de interpretação assistida pelo computador para o cálculo da taxa de desmatamento na Amazônia, chamado de programa Prodes Digital para distingui-lo do processo anterior. A principal vantagem deste procedimento está na precisão do georreferenciamento dos polígonos de desflorestamento, de forma a produzir um banco de dados geográfico multitemporal. A divulgação desses dados evidencia o continuado compromisso do Governo Federal em tratar essas informações com transparência.

A metodologia do cálculo da taxa de desmatamento da Amazônia baseia-se em alguns pressupostos:

- as imagens utilizadas são do satélite LANDSAT e formam uma grade que recobre toda a Amazônia, composta de um conjunto de órbitas e de pontos. Cada imagem é identificada univocamente por um par ordenado órbita-ponto;
- parte das imagens pode não ser analisada, devido a problemas de cobertura de nuvens ou de conflito entre o tempo necessário para processamento de todas as imagens e a data prevista para a divulgação da taxa. Nesse caso, as imagens são selecionadas de forma a cobrir o máximo possível de áreas desmatadas no ano anterior;
- a partir de 2005, em casos de alta cobertura de nuvem, imagens de outros satélites (ou datas) passaram a poder ser usadas para compor a cena;
- as áreas não observadas devido a problemas de cobertura de nuvens deverão ser levadas em conta no procedimento de cálculo do incremento estimado para cada imagem;
- o desmatamento ocorre apenas dentro da estação seca. Assim, para cada órbita-ponto, a estação seca foi estabelecida baseada em parâmetros climatológicos. Para fornecer uma taxa anualizada de desmatamento na imagem, os incrementos de desmatamento constatados em cada imagem precisam ser projetados para uma data de referência.

A metodologia de interpretação de imagens consiste nas seguintes etapas: seleção de imagens com menor cobertura de nuvens e com data de aquisição mais próxima possível da data de referência para o cálculo de taxa de desmatamento (1º de agosto); georreferenciamento das imagens; transformação dos dados radiométricos das imagens em imagens de componente de cena (vegetação, solo e sombra) pela aplicação de algoritmo de mistura espectral para concentrar a informação sobre o desmatamento em uma a duas imagens; segmentação em campos homogêneos das imagens

dos componentes solo e sombra; classificação não supervisionada, e por campos, das imagens de solo e de sombra; mapeamento das classes não-supervisionadas em classes informativas (desmatamento do ano, floresta etc.); edição do resultado do mapeamento de classes e elaboração de mosaicos das cartas temáticas de cada unidade da Federação.

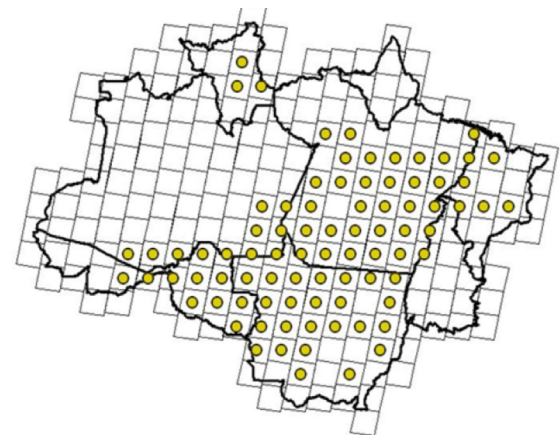
O Prodes utiliza imagens dos sensores TM (satélite LANDSAT da NASA), DMC (satélites da *Disaster Monitoring Constellation*) e CCD (satélites CBERS do INPE), que cobrem a Amazônia com baixa frequência temporal (16 e 26 dias) e têm resolução espacial de 30 e 20 metros, respectivamente. Com esses sensores é possível mapear desmatamentos cujas áreas sejam superiores a 6,25 hectares.

Em virtude da quantidade de cenas LANDSAT e/ou CBERS necessárias para mapear toda Amazônia, aproximadamente 215 imagens, o INPE calcula a taxa anual de desmatamento em duas etapas:

- Cenas prioritárias: São 85 cenas em que foram registrados da ordem de 90% do total de áreas desmatadas no período 2006-2007 (Figura 3.4). Estas cenas foram processadas prioritariamente para que a taxa de 2008 fosse divulgada antes do final do ano.
- Cenas não prioritárias: correspondem ao restante das cenas (aproximadamente 130) onde se verificou menos de 10% do desmatamento no ano de 2007. Estas cenas estão sendo processadas, e a taxa final foi divulgada no primeiro semestre de 2009.

Esta forma de divulgação da taxa em duas etapas vem sendo utilizada há vários anos. Pela experiência dos anos anteriores, a margem de erro da primeira estimativa da taxa de desmatamento é de 5%.

**Figura 3.4 Localização das 85 cenas LANDSAT utilizadas para cálculo da taxa de desmatamento 2007-2008**



O Uso dos Dados

As informações fornecidas pelo INPE permitem ao Ibama e aos órgãos estaduais de meio ambiente realizar o levantamento das causas, da dinâmica e das consequências 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 da fiscalização do Ibama, para a consulta de cadastros, possibilitando a verificação da documentação e a existência de irregularidades; e
- identificação, difusão e aplicação de tecnologias para o uso sustentado da floresta, visando substituir práticas agrícolas e florestais não compatíveis com o 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, uma vez que cada veículo é monitorado.

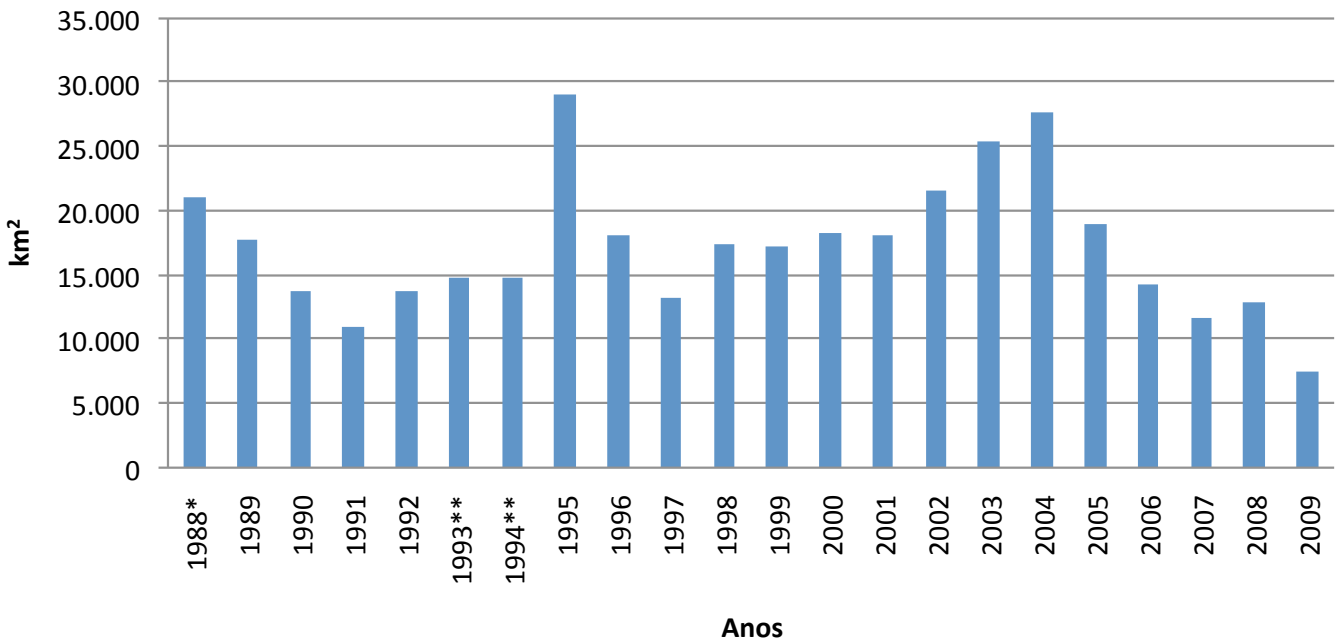
Dados Levantados pelo Prodes

Desflorestamento, para o propósito deste trabalho, é entendido como a conversão de áreas de fisionomia florestal primária por ações antropogênicas, para desenvolvimento de atividades agrosilvopastoris, detectada a partir de plataformas orbitais. 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.

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 13.227 km², 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 ao ano de 1998, ficando mais ou menos estável no período entre 1998 a 2001, a taxa de desmatamento teve um crescimento considerável entre 2002 e 2004, quando atingiu número de 27.772 km², próximo do pico de 1995. A partir daí, com a adoção de uma série de medidas, vem reduzindo significativamente, como comprovam os números de 2009, de 7.464 km² (Figura 3.5 e Tabela 3.10).

Uma melhor visualização da alteração dos números do desmatamento, em cada estado da Amazônia, pode ser conferida na Figura 3.6.

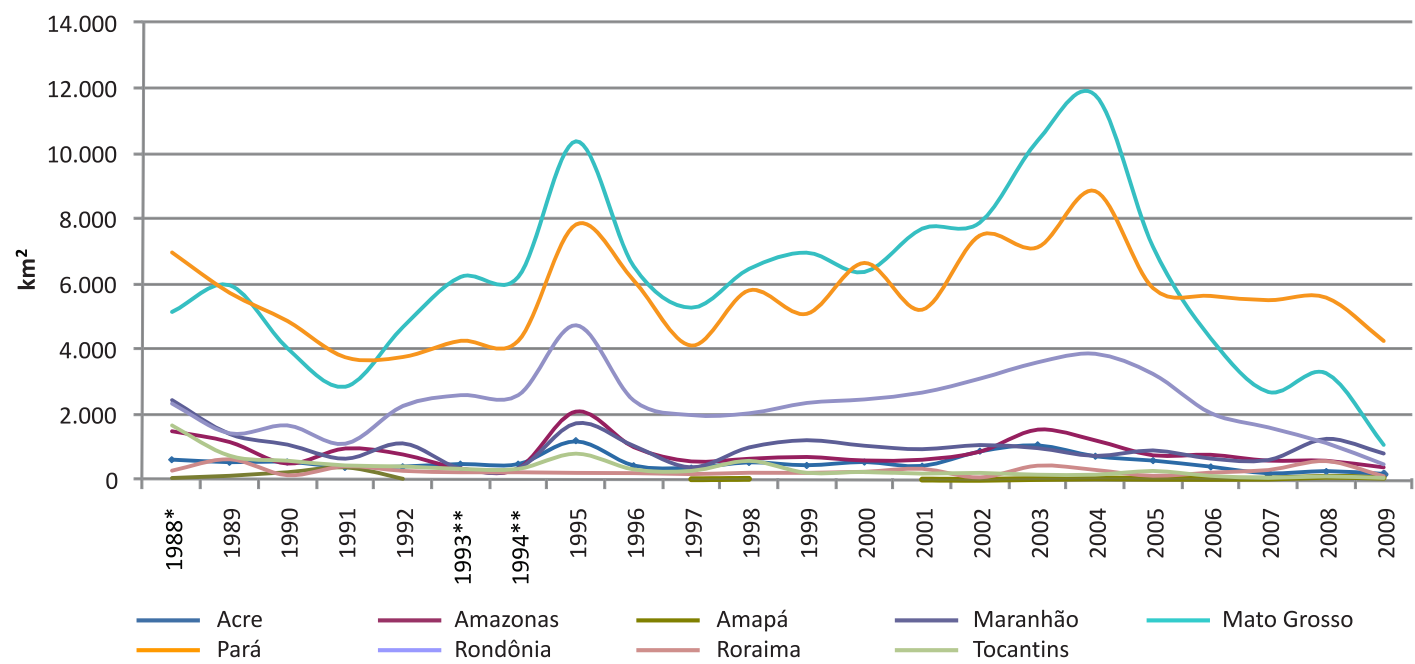
Figura 3.5 Taxa de Desmatamento Anual da Amazônia Legal (km²/ano)



\* Média do período 1977-1988.  
\*\* Média do período 1993-1994.  
Fonte: INPE, 2010. Dados disponíveis em: < [http://www.obt.inpe.br/prodes/prodes\\_1988\\_2009.htm](http://www.obt.inpe.br/prodes/prodes_1988_2009.htm)>.



Figura 3.6 Desmatamento por área (km²), por estado da Amazônia, no período 1988-2009



Notas:  
\* Média do período 1977-1988.  
\*\* Média do período 1993-1994.  
Fonte: INPE, 2010. Dados disponíveis em: < [http://www.obt.inpe.br/prodes/prodes\\_1988\\_2009.htm](http://www.obt.inpe.br/prodes/prodes_1988_2009.htm)>.

Tabela 3.10 Taxa média de desflorestamento bruto (km²/ano) de 1978 a 2009

Estados/ Ano	1988*	1989	1990	1991	1992	1993**	1994**	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Acre	620	540	550	380	400	482	482	1.208	433	358	536	441	547	419	883	1.078	728	592	398	184	254	167
Amazonas	1.510	1.180	520	980	799	370	370	2.114	1.023	589	670	720	612	634	885	1.558	1.232	775	788	610	604	405
Amapá	60	130	250	410	36			9		18	30			7	0	25	46	33	30	39	100	70
Maranhão	2.450	1.420	1.100	670	1.135	372	372	1.745	1.061	409	1.012	1.230	1.065	958	1.085	993	755	922	674	631	1.271	828
Mato Grosso	5.140	5.960	4.020	2.840	4.674	6.220	6.220	10.391	6.543	5.271	6.466	6.963	6.369	7.703	7.892	10.405	11.814	7.145	4.333	2.678	3.258	1.049
Pará	6.990	5.750	4.890	3.780	3.787	4.284	4.284	7.845	6.135	4.139	5.829	5.111	6.671	5.237	7.510	7.145	8.870	5.899	5.659	5.526	5.607	4.281
Rondônia	2.340	1.430	1.670	1.110	2.265	2.595	2.595	4.730	2.432	1.986	2.041	2.358	2.465	2.673	3.099	3.597	3.858	3.244	2.049	1.611	1.136	482
Roraima	290	630	150	420	281	240	240	220	214	184	223	220	253	345	84	439	311	133	231	309	574	121
Tocantins	1.650	730	580	440	409	333	333	797	320	273	576	216	244	189	212	156	158	271	124	63	107	61
Amazônia Legal	21.050	17.770	13.730	11.030	13.786	14.896	14.896	29.059	18.161	13.227	17.383	17.259	18.226	18.165	21.651	25.396	27.772	19.014	14.286	11.651	12.911	7.464

Notas:  
\* Média do período 1977-1988.  
\*\* Média do período 1993-1994.  
Fonte: INPE, 2010. Dados disponíveis em: < [http://www.obt.inpe.br/prodes/prodes\\_1988\\_2009.htm](http://www.obt.inpe.br/prodes/prodes_1988_2009.htm)>.

3.10.2 Sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real - Deter

O Sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real - Deter utiliza imagens dos sensores MODIS, a bordo do satélite TERRA, da NASA e WFI, a bordo do satélite brasileiro CBERS-2B do INPE. Esses sensores cobrem a Amazônia com alta frequência temporal, de dois e cinco dias, respectivamente, mas com resolução espacial moderada de 250 metros. Com essa resolução espacial, as imagens desses sensores permitem apenas a detecção de desmatamentos cujas áreas sejam superiores a 25 hectares. As medidas do Deter são, assim, mais imprecisas que o Prodes, mas feitas com maior frequência.

Para auxiliar a fiscalização e o controle do uso ilegal da floresta, o Deter usa um conceito de desmatamento mais abrangente do que o do Prodes. O Prodes apenas identifica e contabiliza as áreas que evidenciam ser de corte raso, ou seja, o estágio final do processo de desmatamento. No Deter, toda alteração da cobertura florestal verificada no período de análise é apontada como área de alerta e passível de fiscalização, sem discriminar o estágio do processo de desmatamento. Assim, o Deter procura identificar os estágios intermediários do processo de desmatamento. A cada 15 dias, quando as condições de observação são favoráveis, o Deter produz um mapa digital com todas as ocorrências de desmatamento observadas na quinzena anterior. Dessa forma, permite aos órgãos responsáveis pela fiscalização (Ibama, SEMAs, Promotoria Pública, etc.) planejar suas ações de campo e operações de combate ao desmatamento ilegal.

Todos os dados gerados pelos sistemas Prodes e Deter, na forma de mapas, imagens ou tabelas, estão disponíveis nos seus respectivos sítios eletrônicos<sup>213</sup>. Os dois sistemas trabalham de maneira integrada, como mostra a Figura 3.7, de modo a melhorar o sistema de detecção do desmatamento na Amazônia.

A partir de maio de 2008 o INPE passou a qualificar os Alertas de desmatamento emitidos mensalmente pelo Deter. A qualificação é feita através da análise de amostra dos polígonos do Deter em imagens de melhor resolução (LANDSAT e/ou CBERS).

Os alertas são sobrepostos às imagens de melhor resolução espacial e então classificados como Corte Raso ou Degradação Florestal de Intensidade Leve, Moderada ou Alta. Os alertas não confirmados como desmatamento, também são

contabilizados. O esquema de classificação é apresentado na Figura 3.8.

Figura 3.7 Comparação dos sistemas Prodes e Deter quanto ao tempo de detecção e ao processo de desmatamento

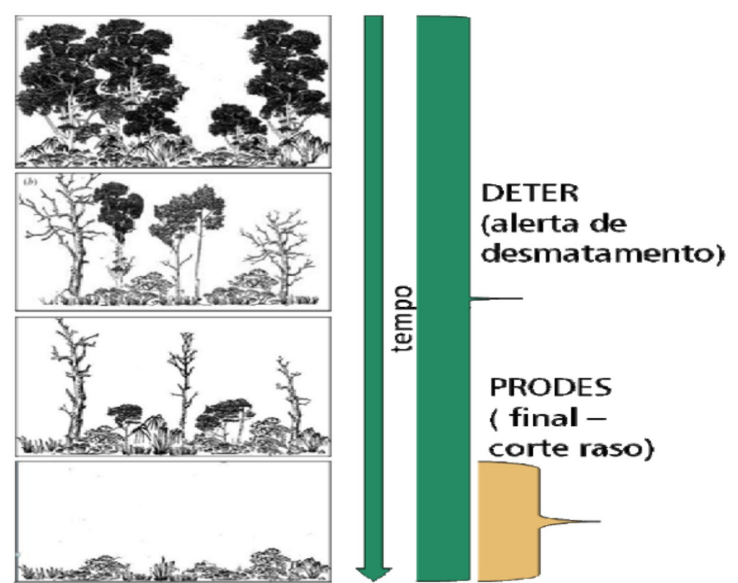
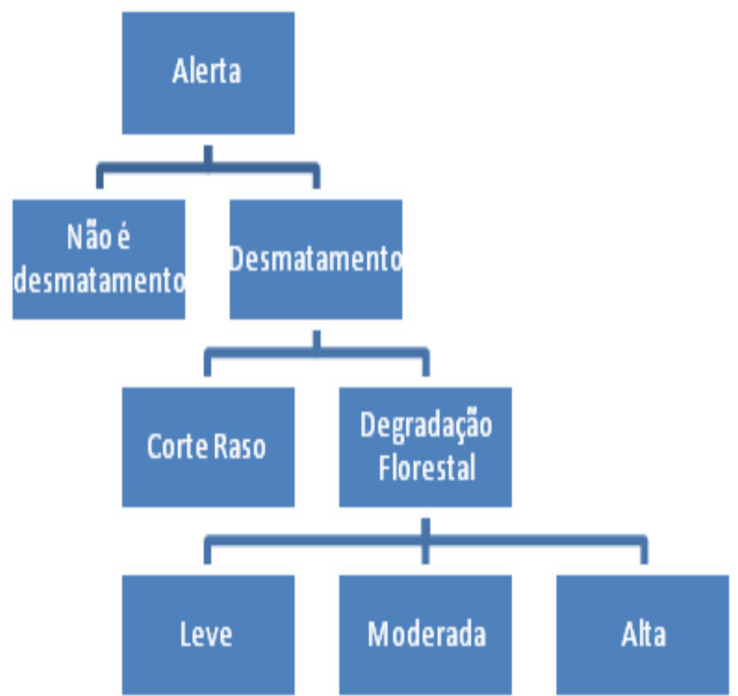


Figura 3.8 Esquema de classificação dos dados de alerta do Deter\*

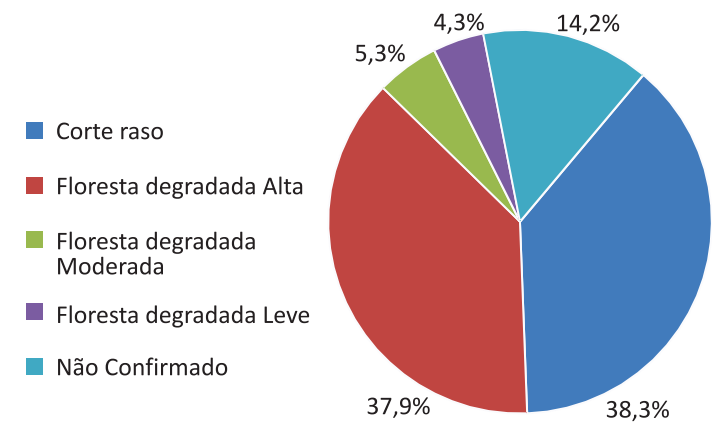


\*As classes finais são representadas pelas caixas verdes: 1) Não confirmado como desmatamento; 2) Corte Raso; 3) Degradação Florestal de Intensidades Leve, Moderada e Alta.

213 Vide: <<http://www.obt.inpe.br/prodes>> e <<http://www.obt.inpe.br/deter>>.

O sistema de alertas do Deter vem apresentando uma boa média de confirmação de eventos de desmatamento, como indica a Figura 3.9, para o período de 2007-2008.

**Figura 3.9** Proporção da área de alertas do Deter qualificados como desmatamento por corte raso, degradação florestal alta, moderada e leve e não confirmados

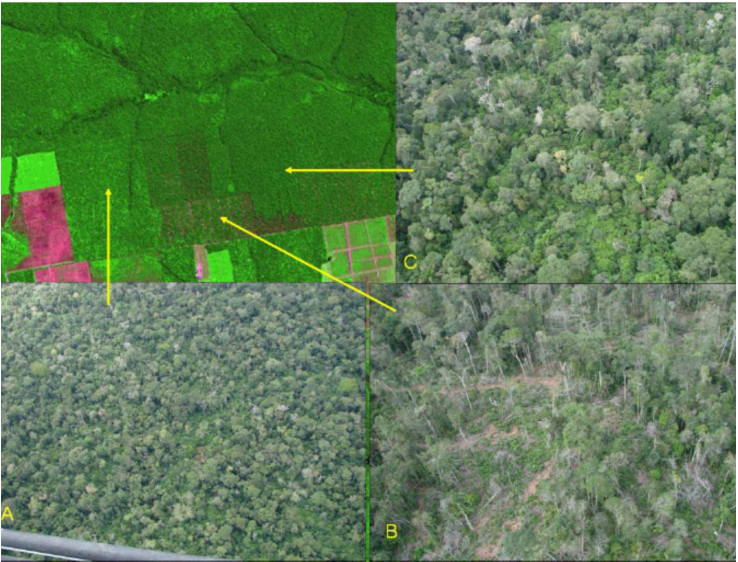


**3.10.3 Mapeamento da degradação florestal na Amazônia Brasileira - Degrad**

Em 2008, o INPE desenvolveu o sistema Degrad, em função das indicações da degradação florestal da Amazônia obtidas a partir dos dados do Deter. Trata-se de um novo sistema destinado a mapear áreas em processo de desmatamento onde a cobertura florestal ainda não foi totalmente removida. O sistema utiliza imagens dos satélites LANDSAT e CBERS e seu objetivo é mapear anualmente áreas de floresta degradada e com tendência a ser convertida em corte raso. Assim como o Prodes, a área mínima mapeada pelo Degrad é de 6,25 hectares. Para conhecer melhor o processo de degradação florestal, o INPE desenvolveu técnicas específicas para processamento das imagens.

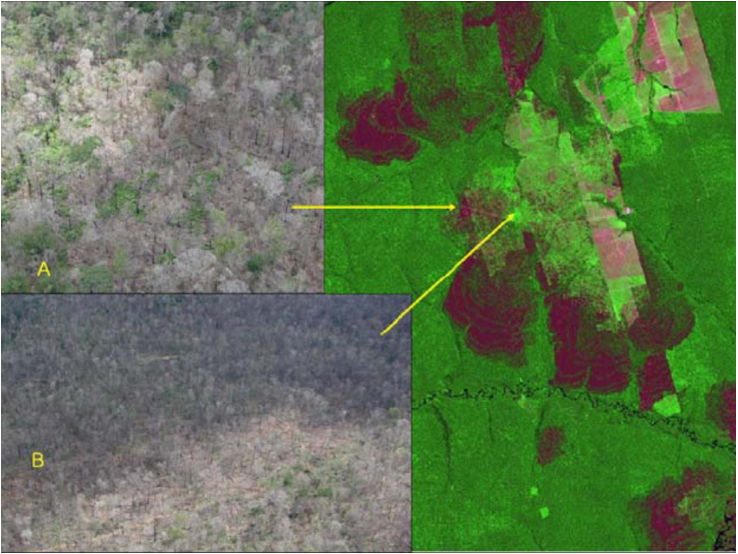
O processo consiste em preparar as imagens de satélite, aplicando realces de contraste de modo a destacar as evidências da degradação. As áreas degradadas são, então, mapeadas individualmente. A Figura 3.10 ilustra os padrões de degradação por atividade madeireira observados nas imagens realçadas. Na Figura 3.11, apresentam-se os padrões decorrentes de incêndios florestais que ocorrem em áreas em que houve exploração madeireira.

**Figura 3.10** Padrões de degradação florestal por extração de madeira, observados em imagens realçadas



A) Degradação de intensidade moderada, área em regeneração após exploração madeireira, pátios ainda discrimináveis;  
B) Degradação de intensidade alta, exploração madeireira ativa, grande proporção de solo exposto;  
C) Degradação de intensidade leve, evidência de instalação de estradas de acesso.  
(Fotos de campo disponíveis em [www.obt.inpe.br/fototeca](http://www.obt.inpe.br/fototeca); coordenada do ponto C: W 54° 27' 14", S 11° 55' 25").

**Figura 3.11** Padrões de degradação florestal causado por exploração madeireira e incêndios recorrentes

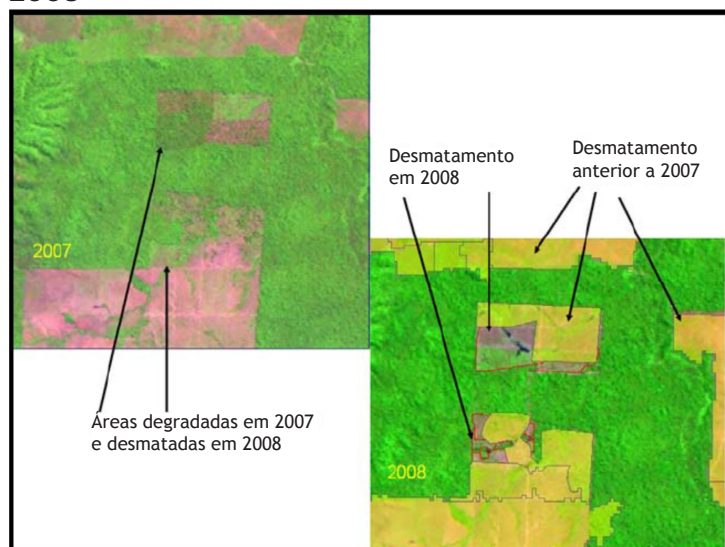


A) Área queimada em 2007;  
B) Área queimada recorrentemente, considerada como desmatamento;  
(Fotos de campo disponíveis em [www.obt.inpe.br/fototeca](http://www.obt.inpe.br/fototeca); coordenada do ponto B: W 53° 54' 20", S 11° 09' 27").



No período 2007-2008 o levantamento preliminar de áreas degradadas nessas imagens registrou 14.915 km<sup>2</sup> em 2007 e 24.932 km<sup>2</sup> em 2008. Estes valores indicam que há uma quantidade considerável de áreas em processo de degradação que, como ilustrado na Figura 3.12, podem se tornar corte raso, se não houver interrupção do processo.

**Figura 3.12 Amostras de imagens LANDSAT de 2007 e 2008\***



\*Demonstrando a evolução de áreas degradadas para corte raso. Localização aproximada: 51° 52'W, S 06° 09'S.

O mapeamento de áreas degradadas e a avaliação da intensidade desta degradação tiveram um grande avanço com o início da utilização das imagens HRC do CBERS. A bordo do satélite CBERS-2B o *High Resolution Camera* - HRC, é um sensor pancromático que adquire dados na faixa espectral de 0,5 - 0,8  $\mu$ m, com 2,7 m de resolução espacial em uma faixa de imageamento de 27 km, e uma taxa de revisita de 130 dias.

A resolução de 2,7 m permite a identificação detalhada das feições presentes nas áreas sob exploração madeireira por corte seletivo, como carregadores e pátios de estoque de toras. A Figura 3.13 compara uma imagem LANDSAT com a imagem HRC. Nota-se nesta figura a melhor definição dos pátios de estoque e carregadores em uma área sob exploração madeireira na imagem HRC (Figura 3.13 A) do que na imagem em que apenas o LANDSAT foi utilizado (Figura 3.13 B). As áreas em que houve incêndio florestal têm também melhor discriminação na imagem HRC Figura 3.13A.

Os dados da HRC começaram a ser processados e disponibilizados pelo INPE em junho de 2008 e uma quantidade razoável de imagens já está disponível.

**Figura 3.13 Comparação de imagem em que há fusão de dados LANDSAT e HRC/CBERS (A) e imagem com dados LANDSAT (B)**



A) Fusão de dados LANDSAT e HRC/CBERS.



B) Composição colorida de dados LANDSAT (TM3-Azul, TM4-Verde, TM5-Vermelho).

### 3.10.4 Monitoramento de Queimadas

O INPE mantém há mais de 20 anos um sistema operacional de monitoramento de queimadas por satélite para todo Brasil e boa parte da América do Sul. Ao longo desses anos foram desenvolvidas várias metodologias e sistemas de computadores que permitem identificar focos de calor em imagens de satélites de baixa resolução, tais como os satélites da série NOAA, GOES, TERRA, AQUA e METEOSAT.

A página de internet de Queimadas do INPE<sup>214</sup> abre com um mapa da América do Sul mostrando as queimadas detectadas em todas as imagens recebidas de vários satélites nos últimos dois dias. Os focos de queimadas são indicados pe-

214 Vide: <<http://sigma.cptec.inpe.br/queimadas/>>.

las pequenas cruces, e sua cor indica qual o satélite que fez a detecção. Os dados são atualizados a cada três horas. O acesso a todas as informações é livre e não requer programas ou equipamentos adicionais.

Os gráficos das Figura 3.14 e Figura 3.15 apresentam a comparação dos focos de calor (queimadas) nos períodos 2006-2007 e 2007-2008 utilizando-se dois satélites distintos, TERRA/MODIS e AQUA/MODIS, que permitem a detecção diária de queimadas a partir do processamento das suas bandas de 1 km de resolução.

Figura 3.14 Distribuição por estado dos focos de calor observados nos anos de 2006-2007 e 2007-2008

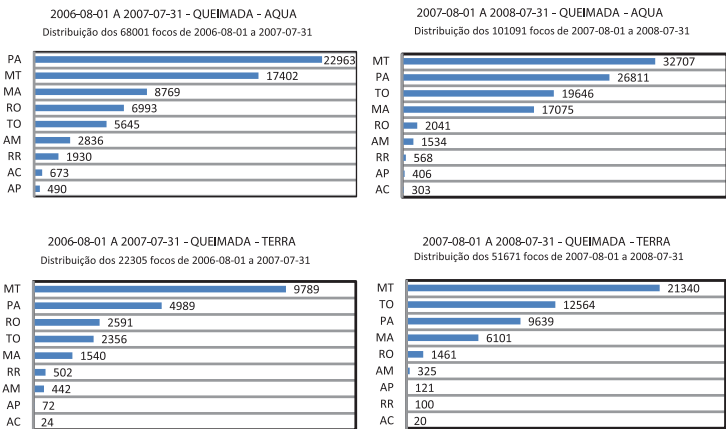
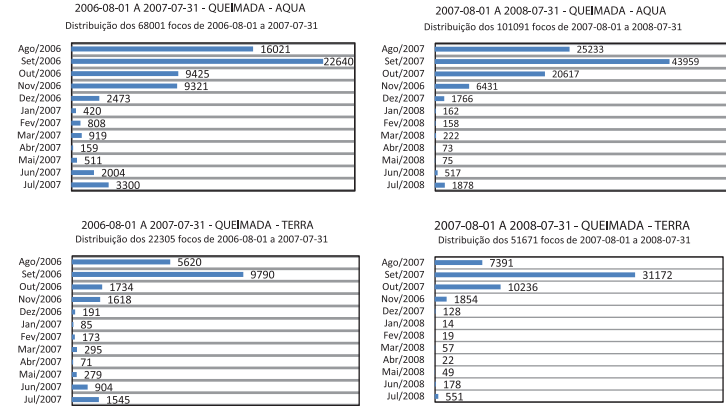


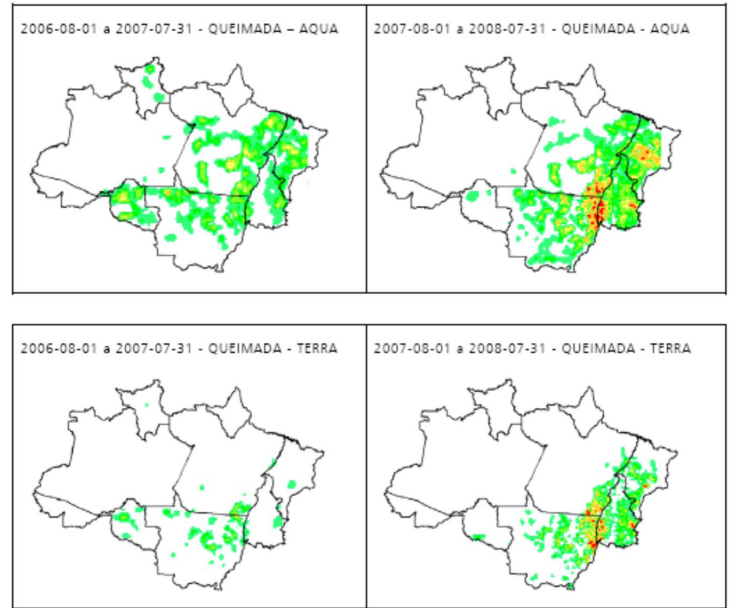
Figura 3.15 Focos de calor observados nos anos de 2006-2007 e 2007-2008 distribuídos por mês



A Figura 3.16 mostra a distribuição espacial das queimadas para os anos de 2006-2007 e 2007-2008. Cada mapa apresenta a intensidade dos focos de calor no período, agrupados em células de 20 x 20 km. O gradiente de tonalidades verde, amarelo e vermelho representa o aumento no número de focos por célula. Nota-se grande acréscimo no número de queimadas no período 2007-2008, quando comparado ao período 2006-2007.

Como já mencionado, o fogo é largamente utilizado em algumas fases do processo de desmatamento. O aumento do número de queimadas entre 2007-2008, como demonstra os gráficos, é consistente com o aumento de áreas de degradação florestal detectadas pelo Deter no mesmo período.

Figura 3.16 Distribuição espacial dos focos de calor observados nos anos de 2006-2007 e 2007-2008



3.11 O Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC

Situação Atual

O Brasil é um dos países mais ricos do mundo em termos ambientais: possui em seu território aproximadamente 1/3 das florestas tropicais remanescentes do mundo 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.

Apesar de o Brasil possuir uma das legislações ambientais mais avançadas do mundo<sup>215</sup>, há muitas 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 espécies da flora e fauna brasileiras. A legislação relativa às unidades de conservação era fragmentada e esparsa. Em 2000, foi aprovada a lei<sup>216</sup> que consolida e institui o SNUC, constituído pelo conjunto das unidades de conservação federais, estaduais

215 Vide nesta Parte seção 3.1, sobre Legislação Ambiental.

216 Lei nº 9.985/2000.

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; e
- 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 e que foi amplamente aumentado nos últimos anos. As linhas gerais de política de criação, valoração e utilização

das unidades de conservação são traçadas pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente - Conama, tendo como órgãos executores o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio<sup>217</sup>, bem como 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, Monumentos Naturais - MN e Refúgios da Vida Silvestre - ReViS. 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. As Áreas de Proteção Ambiental - APA, Áreas de Relevante Interesse Ecológico - Arie, Florestas Nacionais - Flona, Reservas Extrativistas - Resex, Reservas da Fauna, Reservas de Desenvolvimento Sustentável e Reservas Particulares do Patrimônio Nacional - RPPNs constituem o grupo das unidades de uso sustentável.

Sem contar as reservas indígenas e as RPPNs, as 311 unidades de conservação federais no país representavam, em 2009, uma área total de 79.783.581 hectares, que correspondem a 9,35% do território brasileiro (Tabela 3.11).

Há também, um grande número de unidades de conservação administradas pelos estados (662 unidades, em 2005), protegendo uma área total de 53.171.684 hectares, conforme mostra a Tabela 3.12. Algumas dessas unidades são bem extensas, como a Reserva de Desenvolvimento Sustentado de Amanã - AM, com 2,35 milhões de hectares. Esta reserva liga-se à Reserva de Desenvolvimento Sustentável de Mamirauá, ao Parque Nacional de Jaú, à Reserva 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, uma das maiores áreas florestais protegidas do planeta.

Portanto, somando-se todas as Unidades de Conservação do Brasil, federais e estaduais, de proteção integral e de uso sustentável, excluindo-se apenas as RPPNs, temos um total de 132.955.265 ha, perfazendo um total de 15,57% do território do país.

217 A Lei 11.516, de 28 de agosto de 2007, criou o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio, cujas atribuições estão relacionadas à proposição, implantação, gestão, proteção, fiscalização e monitoramento das Unidades de Conservação instituídas pela União.



Tabela 3.11 Unidades de Conservação Federais por categoria

		2002			2009		
Categoria		Nº	Área total* (ha)	% país**	Nº	Área total* (ha)	% país**
PROTEÇÃO INTEGRAL	Parques Nacionais	47	11.669.883	1,37	64	23.718.701	2,78
	Reservas Biológicas	24	2.984.401	0,35	29	4.310.906	0,51
	Estações Ecológicas	28	3.694.311	0,43	32	7.054.300	0,82
	Monumentos Naturais	-	-		2	44.211	0,005
	Refúgio de Vida Silvestre	1	152	0,00	5	169.543	0,02
Subtotal	Proteção Integral	99	18.348.596	2,15	132	35.297.661	4,14
USO SUSTENTÁVEL	Áreas de Proteção Ambiental	28	6.473.193	0,76	32	9.730.516	1,14
	Florestas Nacionais	59	16.075.244	1,88	77	22.603.405	2,64
	Áreas de Relevante Interesse Ecológico	16	32.371	0,004	16	34.585	0,004
	Reservas Extrativistas	23	3.906.555	0,46	60	12.052.679	1,42
	Reserva de Desenvolvimento Sustentável				1	64.735	0,007
Subtotal	Uso Sustentável	127	26.487.364	3,10	185	44.485.920	5,21
Total	Unidades de Conservação Federais	226	44.835.960	5,25	311	79.783.581	9,35

\* 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.  
Fonte: Ibama, 2002; ICMBio, 2010.

Tabela 3.12 Unidades de conservação estaduais no Brasil

		2005		
Categoria		Nº	Área total* (ha)	% país**
PROTEÇÃO INTEGRAL	Parques Estaduais	180	7.697.662	0,90
	Reservas Biológicas	46	217.453	0,03
	Estações Ecológicas	136	724.127	0,09
	Monumentos Naturais	2	32.192	0,01
	Refúgio de Vida Silvestre	3	102.543	0,004
Subtotal	Proteção Integral	367	8.773.977	1,03
USO SUSTENTÁVEL	Áreas de Proteção Ambiental	181	30.711.192	3,59
	Florestas Estaduais	58	2.515.950	0,29
	Áreas de Relevante Interesse Ecológico	19	12.612	0,001
	Reservas Extrativistas	28	2.880.921	0,34
	Reserva de Desenvolvimento Sustentável	9	8.277.032	0,97
Subtotal	Uso Sustentável	295	44.397.707	5,19
Total	Unidades de Conservação Estaduais	662	53.171.684	6,22

Fonte: RYLANDS & BRANDON, 2005.

Conforme mostrado na Figura 3.17, o Brasil está dividido em 6 grandes biomas.

Figura 3.17 Biomas brasileiros



Fonte: IBGE, 2004.

A Tabela 3.13 apresenta um panorama atual das Unidades de Conservação Federais no país, divididas por biomas, em relação à área total do Brasil e à área de cada bioma. O bioma Amazônia é o maior e o mais preservado do país, e com a

maior área de Unidades de Conservação. Somando-se apenas as áreas das Unidades de Conservação de Proteção Integral e de Uso Sustentáveis Federais, obtém-se uma área de quase 64 milhões de hectares de área preservada, o que corresponde à 15,22% da área total do bioma. O Cerrado possui mais de 6 milhões de hectares de Unidades de Conservação Federais. Já a Mata Atlântica encontra-se em uma área que sofre grande pressão imobiliária e de crescimento de cidades, pois está localizada em todo o litoral do país, onde se localizam algumas das maiores cidades do Brasil, como São Paulo e Rio de Janeiro. Talvez, por esses motivos, a criação e manutenção de Unidades de Conservação em áreas de Mata Atlântica, seja mais importante do que em qualquer outra região do país. Apesar de todas as pressões sofridas, mas de 4 milhões de hectares de Mata Atlântica encontram-se preservados em Unidades de Conservação Federais. Os Ecossistemas Costeiros constituem a região com maior percentual de áreas protegidas no país. Suas Unidades de Conservação Federais representam aproximadamente 32% da área total do bioma.

Também nos municípios existem sistemas organizados de áreas protegidas, em geral vinculadas 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/experimental, além de conservação. Como exemplos, podem ser citadas a Reserva Florestal Adolfo Ducke, com 10.000 ha em Manaus - AM, administrada pelo INPA e a Reserva Ecológica do IBGE, com 1.260 ha, em Brasília - DF, administrada pelo próprio IBGE.

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. Um dos exemplos desse tipo de área protegida é a Reserva Florestal de Linhares, da Vale, com 21.787 ha, uma grande e importante unidade de Mata Atlântica.

Várias ONGs conservacionistas mantêm importantes reservas particulares ou santuários ecológicos. Como exemplos, podem ser citadas a Estação Biológica de Caratinga, com 880 ha no leste do estado de Minas Gerais, administrada pela Fundação Biodiversitas; a Reserva Natural Salto Morato, com 1.716 ha, no leste do estado do Paraná, administrada pela Fundação O Boticário de Proteção à Natureza - FBPN e a Rede de Santuários de Vida Silvestre, estabelecida pela Fundação Pró - Natureza - Funatura.

Outro avanço verificado nos últimos anos foi a criação de Reservas Extrativistas - 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 as outras que protegem praias, dunas recifes de corais, pastos marinhos, baías, estuários, lagunas com influência marinha, banhados, manguezais, restingas e marismas. Essas Unidades de Conservação contribuíram amplamente para o aumento da área de preservação dos ecossistemas costeiros nos últimos anos.

Tabela 3.13 Unidades de Conservação Federais por Bioma

Biomias Brasileiros	Área do Bioma* (ha)	% do total	Proteção integral** (ha)	% do bioma	Uso sustentável** (ha)	% do bioma
Amazônia	419.694.300	49,00	28.006.927	6,67	35.871.417	8,55
Caatinga	84.445.300	9,86	844.905	1,00	2.718.640	3,22
Campos Sulinos	17.649.600	2,06	104.886	0,59	318.000	1,80
Cerrado	203.644.800	23,76	4.552.724	2,24	1.498.749	0,74
Costeiro	5.056.768	0,59	358.140	7,08	1.253.075	24,78
Mata Atlântica	111.018.200	12,96	1.283.877	1,16	2.825.868	2,55
Pantanal	15.035.500	1,76	146.200	0,97		
Total (2009)	856.544.468	100	35.297.661	4,14	44.485.920	5,21

\* segundo mapeamento elaborado pelo IBAMA/WWF na escala 1:5.000.000, sendo considerada apenas a área continental.  
\*\* as sobreposições entre as UCs foram processadas incluindo-as na categoria de maior restrição.  
Fonte: IBAMA, 2002, ICMBio, 2010.

### ***Dificuldades na Administração das 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. No Brasil, muitas dessas unidades apresentam problemas de implementação que inviabilizam sua função. Tal fato decorre da insuficiência dos recursos disponibilizados pela União para a manutenção dessas unidades, fazendo com que sejam necessários programas de cooperação internacional e co-gestões com organizações não-governamentais.

O principal problema enfrentado pela estratégia de proteção às unidades de conservação de proteção integral tem sido o pequeno número de funcionários do ICMBio por área. Outros fatores limitantes são a inacessibilidade às áreas e a falta de meios de transporte e de equipamentos. Em pontos estratégicos, tem sido 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 ICMBio. A fiscalização nas unidades costeiras e marinhas tem sido dificultada pela não existência, no Brasil, de uma guarda costeira com atuação na área ambiental. Entretanto, a Marinha do Brasil frequentemente colabora com o ICMBio nesse sentido.

Outro problema que se identifica é que o desmatamento 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, a despeito da legislação que prevê a existência do entorno, 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 devem ser compatíveis com o papel da preservação da unidade, não oferecendo risco para sua integridade.

Entretanto, a situação das unidades de conservação no país vem melhorando significativamente nos últimos anos. O Sistema Nacional de Unidades de Conservação, atualizou e consolidou os princípios e diretrizes que balizam a aplicação das políticas públicas em relação à conservação da diversidade biológica *in situ*, em substituição ao conjunto de leis anteriores sobre a matéria e vem promovendo a melhoria na administração das unidades de conservação.

De acordo com a 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 são utilizados exclusivamente na sua implementação, gestão e manutenção.

### ***As Reservas Particulares do Patrimônio Natural - RPPNs***

Outro avanço importante na conservação da diversidade biológica no Brasil foi a implantação das RPPNs, áreas privadas, gravadas com perpetuidade, com o objetivo de conservar a diversidade biológica<sup>218</sup>.

Em 1990, chegou-se ao modelo atual, em que as áreas consideradas RPPNs não são desmatadas e não há retirada de produtos extrativistas para que a área mantenha as características de banco genético, com proteção integral e perene<sup>219</sup>. Até 2009, foram criadas 429 RPPNs, distribuídas da seguinte maneira nas regiões: 46 no Centro Oeste, 74 no Nordeste, 30 no Norte, 102 no Sudeste e 177 no Sul; embora dados sobre a área exata de cada unidade não estejam disponíveis.

O proprietário pode transformar toda a área em RPPNs, ou apenas parte dela. Para que uma área possa ser reconhecida como RPPNs, 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 RPPNs, pessoas físicas ou jurídicas, usufruem de algumas vantagens: não pagam ITR na parte da propriedade que tenha essa destinação, têm prioridade para obter recursos do Fundo Nacional do Meio Ambiente - FNMA e têm proteção contra queimadas, caça e desmatamento.

### ***Terras Indígenas***

No Brasil, as áreas indígenas são destinadas pela União ao usufruto exclusivo das comunidades indígenas que as habitam. De acordo com o Estatuto do Índio<sup>220</sup>, 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 da Fundação

218 As RPPNs foram criadas pelo Decreto Federal nº 98.914/1990, e foram consolidadas pela Lei nº 9.985/2000.

219 O Decreto nº 1.922/1996, estabeleceu regras para o reconhecimento das RPPNs.

220 Lei nº 6.001/1973.



Nacional do Índio - Funai<sup>221</sup> estipulou o nome de “terra indígena” para todo e qualquer território ocupado por índios.

No final da década de 1970, a questão indígena passou a ser tema de relevância no âmbito da sociedade civil. Paralelamente, os índios iniciaram os primeiros movimentos de organização própria, em busca da defesa de seus interesses e direitos.

Diversas organizações indígenas e entidades de defesa de direitos promoveram amplo debate, visando a assegurar a demarcação das terras dos índios e a realizar reflexão crítica sobre a política de integração. Ao mesmo tempo em que estes se organizavam politicamente, no sentido de defender os direitos à posse das terras indígenas, passou-se a debater as bases de uma nova política indigenista, fundamentada no respeito às formas próprias de organização sociocultural dos povos indígenas.

As modificações significativas na maneira de encarar e tratar as sociedades indígenas, estabelecidas na Constituição Federal foram, portanto, fruto do processo de redemocratização do país, sendo que a questão indígena foi representada pelo movimento que visava assegurar o direito à posse das terras indígenas e pela crítica à política de integração.

Esses foram os fatos recentes que possibilitaram a aceleração dos trabalhos de demarcação e regularização das terras indígenas no Brasil. O quadro legal específico e explícito, os procedimentos técnicos bem definidos e a parceria no processo demarcatório - seja com organismos governamentais nacionais e internacionais, não-governamentais ou com representantes das próprias comunidades indígenas interessadas - têm garantido maior legitimidade, consistência e celeridade aos trabalhos de demarcação das terras indígenas.

Atualmente, a superfície das 488 terras indígenas, cujos processos de demarcação estão minimamente na fase “DELIMITADA”, é de 105.672.003 hectares, perfazendo 12,41% do total do território brasileiro. Outras 123 terras ainda estão por serem identificadas, não sendo suas possíveis superfícies somadas ao total indicado. Registra-se, ainda, que há várias referências a terras presumivelmente ocupadas por índios e que estão por serem pesquisadas, no sentido de se definir se são ou não indígenas. Na Tabela 3.14 é apontada com detalhes a situação das 611 terras indígenas do país quanto ao seu procedimento administrativo de regularização.

221 Por meio da Portaria nº 1.060/1994.

Tabela 3.14 Situação das terras indígenas no Brasil

	Nº de Terras Indígenas	%	Área (em hectares)
Em estudo	123	-	0
Delimitada	33	1,66	1.751.576
Declarada	30	7,67	8.101.306
Homologada	27	3,40	3.599.200
Regularizada	398	87,27	92.219.200
Total	611	100	105.672.003

Fonte: Funai, 2010. Disponível em <<http://www.funai.gov.br/indios/terras/conteudo.htm#atual>>.

Essas áreas não são consideradas unidades de conservação, tendo em conta 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.

Portanto, somando-se todas as unidades de conservação do Brasil, Federais e Estaduais, de proteção integral e de uso sustentável, e as terras indígenas, tem-se um total de 238.627.268 ha, perfazendo um total de 27,98% do território do país. Deve-se lembrar, que para chegar ao valor total de áreas preservadas no país, ainda tem-se que incluir as Unidades de Conservação Municipais, Áreas de Preservação Permanente, Reservas Particulares do Patrimônio Natural e áreas militares, além de uma grande área de floresta nativa (principalmente na Amazônia) que não está dentro de unidades de conservação.

3.12 Prevenção de Incêndios e Queimadas

3.12.1 Programa de Prevenção e Controle de Queimadas e Incêndios Florestais no Arco do Desflorestamento - Proarco

Ao longo dos anos 1980, os índices de desflorestamento da Amazônia chegaram a consumir mais de 21 mil km²/ano de floresta. 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 de El Niño poderá aumentar a susceptibilidade da cobertura vegetal da região ao fogo, especialmente em sua porção mais ao sul, 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 concurso de outras instancias governamentais e não-governamen-

tais. 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. Os programas existentes, tanto no âmbito federal quanto estadual, não se mostraram eficazes para o seu equacionamento, resultando em ações pontuais, descoordenadas e descontínuas, com pouca otimização de infraestrutura e recursos financeiros, materiais e humanos.

A resposta na busca de alternativas foi consubstanciada no Programa de Prevenção e Controle de Queimadas e Incêndios Florestais no Arco do Desflorestamento - Proarco, lançado em maio de 1998 pelo Ibama.

O escopo geral do Proarco<sup>222</sup> é prevenir e combater a ocorrência de incêndios florestais em larga escala na Amazônia Legal, especialmente no “arco de desflorestamento”, identificado como uma área bastante alterada pela ação agropecuária, exploração florestal e outras intervenções e sujeito a sinistros de grandes proporções.

Para tanto, o programa promoveu 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 responsabilidades do Governo Federal, dos estados e das prefeituras.

O Proarco teve suas atividades encerradas no ano de 2006, com repasse das atividades ao PREVFOGO.

### 3.12.2 Sistema Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais - PREVFOGO

Em 1989, o Governo Federal criou, na estrutura do Ibama, o Sistema Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais - PREVFOGO<sup>223</sup>, que tem como finalidade, dentre outras, desenvolver programas para ordenar, monitorar, prevenir e combater incêndios florestais, desenvolver e difundir técnicas de manejo controlado do fogo.

O PREVFOGO tem como missão “promover, apoiar, coordenar e executar atividades de educação, pesquisa, monitoramento, controle de queimadas, prevenção e combate aos incêndios florestais no Brasil, avaliando seus efeitos sobre os ecossistemas, a saúde pública e a atmosfera. Dentre essas atividades destinadas ao PREVFOGO, o treinamento e capa-

ciação de produtores rurais e brigadistas, além do próprio combate aos incêndios florestais e o monitoramento de focos de calor por imagens de satélites têm se destacado.

Desde 2001, o PREVFOGO busca como centro especializado, estabelecer o controle sobre incêndios florestais por meio da contratação de Brigadas de Prevenção e Combate. No princípio, a contratação era restrita às Unidades de Conservação Federais, tendo em vista a dimensão do território brasileiro e consequente impossibilidade de abrangê-lo por completo, priorizando, assim, áreas de conhecida importância biológica. Nessas áreas, as brigadas lograram objetivos importantes para a conservação da biodiversidade local, ao instalar rotinas de prevenção, envolver a população do entorno das Unidades de Conservação - UCs, oferecer resposta às ocorrências frequentes e compor equipe de campo em combates de grande magnitude. O número de brigadas contratadas apresentou uma evolução constante, até atingir, durante o ano de 2008, 82 UCs atendidas.

A partir de 2009, a contratação de brigadas de UCs passou a ser atribuição do ICMBio, sendo que desde então o PREVFOGO/Ibama atua nas Unidades de Conservação exclusivamente em cooperação com aquela instituição, apoiando as atividades de cursos de formação de brigadistas e dando suporte a eventos de combate ampliado, quando solicitado. Assim, o PREVFOGO/Ibama passou a atuar de forma secundária nas Unidades de Conservação Federais na questão dos incêndios florestais ao tempo em que já era latente a demanda por uma atuação mais efetiva em diversos municípios críticos atingidos por incêndios florestais anualmente.

O ano de 2008 foi marcado pela extensão dessa linha de atuação em municípios notadamente ameaçados por incêndios florestais. A motivação principal foi o fato de ter sido atribuído estado de emergência ambiental a 14 unidades federativas, em função das condições climáticas favoráveis à ocorrência de incêndios florestais e queimadas<sup>224</sup>. No mesmo ano, o Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão<sup>225</sup>, autorizou o Ibama a contratar brigadistas para atuar em emergências ambientais. Amparada por esse instrumento, o Ibama<sup>226</sup>, autorizou a implementação de brigadas de prevenção e combate com atuação nos municípios mais expostos aos incêndios florestais, bem como determinou sua estrutura de funcionamento.

Com o novo direcionamento na atuação do PREVFOGO, foi necessário o estabelecimento de critérios objetivos a fim de selecionar os municípios que seriam atendidos com Brigadas

222 Vide: < <http://www2.ibama.gov.br/proarco/index0.htm> >.

223 O PREVFOGO foi criado por meio do Decreto nº 97.635/1989 e atualmente é regido pelo Decreto nº 6.099/2007.

224 Conforme Portaria nº 163/2008, do Ministério do Meio Ambiente.

225 Por meio da Portaria 155/08.

226 Por meio da Portaria nº 23/2008.

de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais. Assim, foram selecionados 31 municípios localizados em 5 estados da Amazônia Legal. O projeto de brigadas municipais fechou o ano de 2008 com 894 brigadistas capacitados para atuação em prevenção e combate aos incêndios florestais. No ano de 2009, houve uma ampliação do atendimento das brigadas, sendo que foram contemplados 64 municípios, distribuídos em 10 estados.

Com a definição desses municípios buscou-se dar continuidade ao programa de Brigadas de Prevenção e de Combate aos incêndios florestais, bem como delimitar um território de atuação mais direta do PREVFOGO, podendo também conhecer comportamento dos incêndios nesses locais e melhorar a atuação desta instituição. Em consonância com a evolução da atuação do PREVFOGO, foi desenvolvido o Sistema Nacional de Informações sobre Fogo - SisFogo, sistema que agrega informações sobre queimadas, especialmente aquelas obtidas pelas brigadas que atuam nos municípios críticos.

A estrutura do PREVFOGO é composta por núcleos na Sede e Coordenações Estaduais e Regionais, que concentram os profissionais em atribuições específicas. Os núcleos estão divididos da seguinte forma:

- núcleo de Capacitação e Treinamento: tem como objetivo montar uma estrutura de capacitação de recursos humanos para atuar na área de incêndios florestais e queimadas, no contexto gerencial e operacional, de modo a oferecer a todas as agências que integram o sistema oportunidades para elevar o nível de conhecimento e habilidade dos técnicos. Como se trata de uma iniciativa pioneira no Brasil, a estruturação desse programa tem se preocupado em contemplar desde a formação de treinadores até a definição de conteúdo programático, a elaboração de material didático e a estruturação física de alguns centros regionais de treinamento;
- núcleo de Comunicação e Educação Ambiental: tem como objetivo a produção de recursos instrucionais (impresso, eletrônico e mídia, a promoção de atividades de formação (mini-cursos sobre a temática fogo), a promoção e participação de eventos e a produção e sistematização de informação interna;
- núcleo de Interagências e Controle às Queimadas e aos Incêndios Florestais: tem como missão o desenvolvimento de ações de prevenção e controle de queimadas e incêndios florestais, tendo como premissa que a gestão de incêndios florestais possui o princípio básico da prevenção;

- núcleo de Pesquisas e Monitoramento: tem por objetivo desenvolver rotinas de monitoramento de focos de calor utilizando informações geoespaciais, bem como promover, apoiar e participar de pesquisas relacionadas a incêndios florestais e queimadas;
- núcleo de Planejamento e Administração: tem por objetivo dar suporte administrativo, financeiro e logístico ao PREVFOGO;
- núcleo de Preparação e Combate: prevê ações que permitirão tanto antecipar a tomada de decisões sobre um eventual risco de ocorrência de incêndio quanto atuar diretamente no combate dos incêndios. Atua também na elaboração e implementação de planos operativos que servem para planejar ações locais de combate, elaboradas com base em um diagnóstico.

### 3.12.3 Proibição da Queimada na Colheita de Cana-de-Açúcar no Estado de São Paulo

O estado de São Paulo registrou, nos últimos anos, uma rápida expansão na produção de cana-de-açúcar, em consequência principalmente, do aumento da demanda por etanol para atender ao mercado de veículos *flex-fuel* no país. De 2003 a 2008, a área total do cultivo da cana-de-açúcar no estado cresceu cerca de 70% (RUDORFF *et al.*, 2010).

O dado mais expressivo – do ponto de vista ambiental – é que pela primeira vez mais da metade da colheita foi realizada sem queima. O relatório referente à safra de 2009-2010 mostra que 56% da colheita foi realizada sem queima, contra 44% em que se utilizou o recurso. Na safra de 2006-2007, a colheita sem queima foi de 34%.

A prática da despalha da cana-de-açúcar pela queima era corrente no estado, acompanhando exemplo de outras unidades da federação e de outros países do mundo. No entanto, essa prática passou a ser contestada por membros do Ministério Público estadual por meio de ações judiciais e pela ação das comunidades preocupadas com os efeitos dessa prática agrícola sobre a saúde, a segurança, o meio ambiente e a qualidade de vida nos meios urbanos próximos às plantações. A queima da cana-de-açúcar passou a ser questionada, também, por técnicos da área governamental devido aos danos ambientais, particularmente a poluição do ar, os riscos de incêndios e as emissões de gases de efeito estufa.

Sob outro ponto de vista, alega-se o fato da colheita e do transporte de cana queimada serem mais baratos do que os custos relacionados à cana verde. Além da produtividade de



cortadores manuais em cana queimada que chega a ser o dobro do verificado na cana verde, a ponto destes preferirem cortar cana queimada mesmo ficando expostos a maiores níveis de poeira e fuligem.

O governo do estado de São Paulo tem adotado medidas desde meados da década de 1990 para procurar conter os problemas resultantes da queima da palha, uma das questões ambientais mais sérias do estado, sem prejudicar a produção agrícola e os empregos gerados no setor. Tem sido marcante a pressão de usineiros que alegam dificuldades econômicas em adotar métodos menos impactantes para o corte da cana-de-açúcar, o que tem gerado discussões e negociações permanentes de novos prazos para a eliminação gradual da despalha pela queima. Existe também um outro fator complicador no processo de eliminação gradual da despalha pela queima e na sua substituição pela mecanização agrícola, que é o aumento do desemprego rural, com a eventual demissão de mão-de-obra empregada na colheita da cana-de-açúcar.

Em 1998, foi editada uma resolução conjunta<sup>227</sup> 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, dentre outras medidas.

Posteriormente, em 1999, foram retomadas as discussões no âmbito da Câmara do Setor Sucroalcooleiro do Estado de São Paulo, visando nova negociação dos termos da legislação<sup>228</sup> que foi incapaz de atender uma série de reivindicações.

No ano 2000, a Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo aprovou uma lei que definiu procedimentos, proibições, regras de execução e medidas de precaução a serem obedecidas quando do emprego do fogo em práticas agrícolas, pastoris e florestais<sup>229</sup>, conhecida pelo nome de “Lei das Queimadas”. Tal lei não estabelecia um cronograma claro para a eliminação das queimadas, nem tampouco definia sanções claras para os que não as cumprissem.

Em 2002, foi aprovada, no estado de São Paulo, a lei<sup>230</sup> que dispõe sobre a eliminação da queima da palha da cana-de-

227 Resolução nº 01/1998.

228 Decreto Estadual nº 42.056/1997.

229 A Lei nº 10.547, de 2000, por meio de seu Decreto Regulamentador nº 45.869, de 22 de junho de 2001, dispõe: “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”.

230 Lei Estadual nº 11.241.

-açúcar e estabelece um cronograma do ano 2002 a 2031, com porcentagens de áreas plantadas onde a queima deve ser eliminada, que vão de 20% no primeiro ano a 100% em 2021, para áreas mecanizáveis, e até 2031 para áreas não mecanizáveis. Além disso, a lei proíbe queimada a um quilômetro do perímetro de áreas urbanas e de reservas indígenas, e exige dos plantadores um planejamento anual a ser entregue à Companhia de Saneamento Ambiental do estado de São Paulo - Cetesb, adequando as áreas de produção ao plano de eliminação das queimadas.

Em 2007, o governo do estado e a União da Indústria de Cana-de-Açúcar - Unica assinaram protocolo de intenções (Protocolo Agroambiental do Setor Sucroalcooleiro), fixando novas metas para adoção da mecanização, no qual, nas áreas passíveis de mecanização, a queimada deverá ser abandonada em 2014 e nas de declividade maior que 12% até 2017<sup>231</sup>. Já para fornecedores de cana, a proposta é que a eliminação total ocorra até 2021.

Em fevereiro de 2008, 141 indústrias de açúcar e etanol já haviam aderido ao Protocolo, recebendo o respectivo “Certificado de Conformidade Agroambiental”. Essas adesões correspondem a mais de 90% do total de cana produzida no estado de São Paulo. Qualquer pessoa pode acompanhar o andamento do protocolo e a relação das indústrias que aderiram ao mesmo por meio da página na *internet* do “Programa Etanol Verde”.

A eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar está regulamentada<sup>232</sup>, e uma série de procedimentos foi determinada, como a proibição da queima da palha da cana-de-açúcar no período das 06:00 às 20:00 horas entre 01 de junho e 30 de novembro de 2010 (período onde se verificam as secas e no qual o fogo não controlado pode se alastrar).

Atualmente, a Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo utiliza o protocolo de queima que está condicionada às determinações referentes à umidade relativa do ar, disponibilizadas no portal Eliminação Gradativa da Queima da Palha da Cana-de-açúcar<sup>233</sup>.

Desde 2007, com a implantação do Protocolo Agroambiental do Setor Sucroalcooleiro, evitou-se a queimada de 2,6 milhões de hectares de cana-de-açúcar no estado de São Paulo,

231 Vide: < <http://www.ambiente.sp.gov.br/etanolverde/>>.

232 Pela Resolução SMA - 35/2010, que dispõe sobre os procedimentos relativos à suspensão da queima da palha de cana-de-açúcar ditados pela Lei Estadual nº 11.241, de 19 de setembro de 2002, e regulamentada pelo Decreto Estadual nº 47.700, de 11 de março de 2003 (disponível em: <http://www.sigam.ambiente.sp.gov.br/Sigam2/Repositorio/24/Documentos/Resolu%c3%a7%c3%a3o%20SMA%20-%2035,%20de%2011-5-2010.pdf>).

233 Vide: < <http://www.sigam.ambiente.sp.gov.br>>.

com consequente redução da emissão de poluentes, conforme mostram os dados da Tabela 3.15.

**Tabela 3.15 Redução da emissão de poluentes em função da redução da queima na colheita de cana-de-açúcar no estado de São Paulo – safra 2006-2007 a 2009-2010**

Emissões evitadas (t)	Safra 06/07	Safra 07/08	Safra 08/09	Safra 09/10	Total evitado
CO	413.763	1.896.206	2.250.167	3.368.190	7.928.326
Hydrocarbonetos	59.109	270.886	321.452	481.170	1.132.617
Material particulado	35.465	162.532	192.871	288.702	679.570

Fonte: Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/projetos18.php>>.

### 3.13 Cidades pela Proteção do Clima

A campanha Cidades pela Proteção do Clima (*Cities for Climate Protection - CCP*) é uma iniciativa do Conselho Internacional para as Iniciativas Ambientais Locais - ICLEI (sigla em inglês de *International Council for Local Environmental Initiatives*), lançada em junho de 1991. Trata-se de uma campanha 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.

A Campanha Cidades pela Proteção do Clima presta assistência a cidades em relação à adoção de políticas e à implementação de medidas quantificáveis para a redução de emissões locais de gases de efeito estufa como forma de melhorar a qualidade do ar e de vida nos centros urbanos.

A campanha é baseada em uma estrutura de performance inovadora por meio de cinco marcos com os quais os governos locais

estão comprometidos. Esses marcos permitem aos governos locais, compreenderem de que forma as decisões em âmbito municipal afetam o uso de energia e como essas decisões podem ser úteis para mitigar a mudança do clima enquanto melhoram a qualidade de vida da comunidade. A metodologia da CCP está de acordo com os padrões internacionais e oferece uma maneira simples de agir pela redução das emissões e pelo monitoramento, medição e produção de relatórios de performance.

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 a desenvolver e a manter uma estrutura que encoraje os seus participantes a monitorar, quantificar e relatar seus resultados ao ICLEI e aos seus governos nacionais.

Embora países em desenvolvimento não tenham firmado compromissos no sentido de estabelecer metas quantificadas de redução de emissões de gases de efeito estufa, de acordo com o Protocolo de Quioto, as cidades desses países podem e são incentivadas a aderir a essa campanha e a tomar iniciativas para reduzir suas emissões.

O ICLEI promove essa campanha tanto regionalmente quanto nacionalmente no Brasil, Austrália, Canadá, Europa, Japão, América Latina, México, Nova Zelândia, África do Sul, sul e sudeste asiático e Estados Unidos. Mais de 800 governos locais participam da CCP, integrando medidas de mitigação da mudança global do clima em seus processos decisórios.

No Brasil, sete cidades aderiram a essa campanha: Betim - MG, Goiânia - GO, Palmas - TO, Porto Alegre - RS, Rio de Janeiro - RJ, São Paulo - SP e Volta Redonda - RJ, atingindo quase 20 milhões de habitantes. Cada qual formalizou sua adesão à campanha, mediante a assinatura de uma resolução do governo municipal ou estadual, comprometendo-se a seguir as diretrizes básicas definidas pelo ICLEI para a sua participação, visando à redução de emissões de gases do efeito estufa, sendo que muitas delas já estão tomando medidas locais para tanto.

Até o encerramento da fase piloto do projeto, em março de 2005, as cidades participantes do projeto no Brasil haviam realizado seus inventários de emissões de gases de efeito estufa, estabelecido metas de redução de emissões, desenvolvido planos de ação focados em mitigação e implementado pelo menos duas das medidas propostas.

As atividades em que essas cidades se engajaram no período de 2001 a 2005 concentraram-se em promover a

sensibilização ao tema, disseminação junto à comunidade e capacitação de técnicos municipais. Dentre as atividades de capacitação, destacaram-se as oportunidades de aprendizado entre pares; o intercâmbio de experiências com cidades de outros países da América do Sul e Caribe, membros do ICLEI; a participação em eventos internacionais, inclusive da 10ª e 11ª Conferências das Partes da Convenção, realizadas em Buenos Aires e em Montreal, respectivamente; além de vários seminários temáticos realizados em parceria com as cidades sobre a relação entre mudança do clima e resíduos sólidos, transporte sustentável e energia.

Nos seminários temáticos, foi apresentada a primeira versão em teste, do aplicativo para cálculo de emissões de gases de efeito estufa e de poluentes locais (*Harmonized Emissions Assessment Tool - HEAT*), com planilhas para inclusão de dados de energia e custos e realização de cenários, especialmente desenvolvido para governos locais a partir da metodologia do IPCC.

A Campanha Cidades pela Proteção do Clima também abriu caminho para outras iniciativas que contribuem para a redução de emissões de gases de efeito estufa. Além de um projeto sobre licitações públicas sustentáveis orientadas a produtos amigáveis do ponto de vista do clima, com a participação da cidade de São Paulo e dos governos estaduais de São Paulo e de Minas Gerais, também estabeleceu a Rede de Cidades e Comunidades Modelo em Energias Renováveis Locais no Brasil (*Local Renewables*), denominada Rede Elo, com duas cidades modelo: Betim - MG e Porto Alegre - RS.

### 3.14 Medidas de Caráter Financeiro e Tributário

#### 3.14.1 Responsabilidade Ambiental dos Bancos

A Constituição Federal 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”<sup>234</sup>. Os bancos públicos e privados não podem estar excluídos do conceito de “coletividade”. Nesse sentido, no Brasil, há vários dispositivos legais que procuram determinar diretrizes para os bancos públicos e privados em suas ações no tocante ao meio ambiente.

A Lei da Política Nacional de Meio Ambiente<sup>235</sup> 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 aqueles de incentivo governamental, devem incorporar a componente ambiental quando de seu deferimento, a partir da realização 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 fundos de pensão, enfim, todas aquelas instituições que possam, em sentido amplo, encaixar-se na expressão “entidades ou órgãos de financiamento e incentivo governamental”.

A Lei de Crimes Ambientais trouxe vários dispositivos com impacto direto na consideração da responsabilidade ambiental dos bancos. Essa 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, coautoras ou partícipes do mesmo fato.

A instituição financeira, ao deferir crédito sem a observância do licenciamento ambiental ou dos padrões do Conama, poderá vir a ser condenada a ressarcir os eventuais prejuízos financeiros em face da degradação do meio ambiente; mais que isso, o administrador está colocando-se em condições de igualdade ao poluidor que pratica o crime de poluição e pode expor a vida alheia a perigo.

No caso de incentivos fiscais, há outra vertente a ser ressaltada, uma vez que tais incentivos são parte do tributo que está sendo reduzido, ao qual a sociedade está renunciando, para se fomentar determinada atividade num certo local. Assim, o próprio imposto estaria sendo usado para causar dano ao meio ambiente.

Cabe também ressaltar que a responsabilização das instituições internacionais de crédito é medida alcançável por meio das fontes de Direito Internacional Público, além de fortalecida pelos dispositivos legais internos. É certo que os danos causados por financiadores internacionais não podem estar fora do alcance da jurisdição do país, nem os atos de seus funcionários.

234 Artigo 225 da Constituição Federal de 1998.

235 Artigos 3º, 12º e 14º.



Protocolo Verde

Em 1995, o Governo Federal lançou o programa Protocolo Verde, com a finalidade de induzir a incorporação da variável ambiental, como critério indispensável ao desenvolvimento sustentável no processo de análise para a concessão de crédito oficial e de benefícios fiscais.

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 os impactos ambientais negativos.

Em 1995, foi assinada a “Carta de Princípios para o Desenvolvimento Sustentável”<sup>236</sup> 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).

Foram identificadas algumas prioridades entre as diretrizes do documento inicial do Protocolo Verde, a serem executadas em conjunto ou individualmente, de acordo com o mandato de cada instituição envolvida. Nessas prioridades, destacaram-se três grupos básicos de temas para:

- definir critérios e preparar instrumentos para a análise da variável ambiental na alocação de crédito;
- identificar necessidades de melhorar o sistema de licenciamento ambiental e de eventuais alterações no arcabouço da legislação e das regulações ambientais; e
- buscar novas fontes e mecanismos para incrementar a disponibilidade de fundos para projetos ambientais.

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.

236 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.

Em 2008, houve a adesão ao Protocolo Verde pelo Banco Central do Brasil. A Federação Brasileira de Bancos - Febraban aderiu em 2009. Outros bancos privados também aderem ao Protocolo Verde podendo-se citar o Banco Itaú Unibanco, Santander do Brasil, Bradesco e HSBC.

Os compromissos das instituições signatárias são:

- oferecer linhas de financiamento e programas que fomentem a qualidade de vida da população e o uso sustentável do meio ambiente;
- considerar os impactos e custos socioambientais na gestão de seus ativos e nas análises de risco de projetos, tendo por base a Política Nacional de Meio Ambiente;
- promover o consumo consciente de recursos naturais e de materiais deles derivados nos processos internos;
- informar, sensibilizar e engajar continuamente as partes interessadas nas políticas e práticas de sustentabilidade da instituição;
- promover a cooperação e integração de esforços entre as organizações signatárias do Protocolo.

Ademais, as Instituições que são partes do Protocolo devem exigir o licenciamento ambiental em financiamentos industriais, incluindo a análise setorial diferenciada por setor (pesca, madeira e outros produtos extrativos). Para as concessões de crédito rural, deve ocorrer a realização de convênios com empresas de assistência técnica, as quais recomendariam tecnologias de produção conservacionistas adequadas à defesa do solo e do meio ambiente. Nos projetos de reforma agrária, o devedor assumirá o compromisso de conservar o meio ambiente, obedecendo a critérios técnicos e legais de preservação (matas ciliares, encostas, etc.). Nos casos de financiamentos do setor rural, será exigida a preservação de 50% da área de Floresta Amazônica e 20% da área de Cerrado, com as respectivas averbações em cartório, certidão negativa junto ao Ibama, além de outras licenças previstas em lei.

Também são previstas linhas de crédito industrial, para processamento e reciclagem de resíduos sólidos, além de financiamento para serrarias, restrito àquelas que desenvolvem projetos de manejo florestal, reflorestamento ou cuja linha de produção seja verticalizada.

Na Tabela 3.16 são apresentadas políticas e práticas bancárias voltadas à responsabilidade socioambiental adotadas por instituições financeiras no Brasil.

Tabela 3.16 Políticas e práticas bancárias voltadas à responsabilidade socioambiental adotadas por instituições financeiras no Brasil

2010
BMF&Bovespa adere ao Princípios do Investimento Responsável – PRI (sigla em inglês de <i>Principles for Responsible Investment</i> ).
2009
O BNDES e BMF&Bovespa anunciam a criação de um índice de ações com foco em mudança global do clima.
A Serasa Experian* lança o produto “Conformidade Ambiental”, permitindo que as instituições financeiras avaliem o cumprimento da legislação ambiental por parte das empresas.
Caixa Econômica Federal adere aos Princípios do Equador**.
Banco Itaú Unibanco lança Fundo de Investimento Itaú Índice de Carbono, primeiro banco brasileiro a lançar um fundo vinculado a um índice de créditos de carbono.
Banco Itaú Unibanco lança política de sustentabilidade.
Banco Santander adere aos Princípios do Equador.
Febraban lança Protocolo Verde para os bancos privados, com adesão inicial dos bancos Bradesco, Cacique, Citibank, HSBC, Itaú Unibanco, Safra e Santander Brasil – Real.
Banco Central do Brasil cria Grupo de Trabalho sobre responsabilidade socioambiental.
2008
Bancos públicos federais brasileiros lançam versão revisada do Protocolo Verde.
Serasa lança o produto Relatório de Responsabilidade Social que incorpora questões sociais na avaliação de risco de crédito.
Unibanco <i>Asset Management</i> - UAM e Banco Real <i>Asset Management</i> aderem ao PRI.
Banco Real lança o CDB Sustentável, título de renda fixa com foco socioambiental.
Banco do Brasil, Banco da Amazônia, Banco do Nordeste do Brasil, Caixa Econômica Federal e BNDES reeditam o Protocolo Verde.
Banco HSBC lança linhas de crédito com foco socioambiental.
Banco Unibanco obtém linha de crédito inédita da IFC para financiamento de projetos nas áreas de energia renovável, eficiência energética e construção sustentável.
BNDES cria o Fundo Brasil Sustentabilidade, primeiro fundo de investimento do país voltado para o desenvolvimento de projetos ambientais.
Banco Itaú lança política de crédito com classificação do risco socioambiental dos clientes corporativos.
2007
Banco Rabobank lança programa de créditos de carbono para incentivar o reflorestamento de áreas desmatadas ilegalmente na Amazônia.
Banco Bradesco anuncia o lançamento de produtos com foco socioambiental que irão gerar recursos financeiros para a Fundação Amazônia Sustentável.
Banco Bradesco lança o Banco do Planeta, área dedicada a centralizar e ampliar todos os seus projetos e iniciativas socioambientais.
Bolsa de Mercadorias & Futuros - BM&F realiza primeiro leilão público de créditos do carbono do mundo.
Unibanco, em convênio com o <i>Japan Bank for International Cooperation</i> - JBIC, cria linha de financiamento para projetos de comercialização de créditos de carbono.
Serasa lança o produto Relatório de Responsabilidade Ambiental que incorpora questões ambientais na avaliação de risco de crédito.
IFC e Centro de Estudos em Sustentabilidade - FGV/SP lançam o Fórum Latino-Americano sobre Finanças Sustentáveis.
Cerca de 50 instituições financeiras globais são signatárias dos Princípios do Equador, representando cerca de 90% do mercado de <i>project finance</i> no mundo.

Caixa Econômica Federal e Banco Banif lançam fundo Caixa Ambiental, primeiro fundo com foco em projetos do setor de saneamento básico e meio ambiente.
Banco Unibanco e Caixa Econômica Federal lançam fundos atrelados ao Índice de Sustentabilidade Empresarial – ISE.
2006
Banco Bradesco é incluído no <i>Dow Jones Sustainability Index</i> .
IFC aprova suas novas políticas socioambientais.
Bancos privados lançam nova versão dos Princípios do Equador, com ratificação dos bancos brasileiros.
Rabobank lança política socioambiental com critérios para o setor rural.
Banco Bradesco inicia diálogo com seus fornecedores sobre responsabilidade socioambiental.
Bancos Itaú, Bradesco e Abn Amro Real lançam produtos com foco socioambiental.
Banco Bradesco cria área de responsabilidade socioambiental.
Bancos HSBC, Bradesco e Safra lançam fundos atrelados ao ISE.
Rede <i>BankTrack</i> lança manual “O que Fazer e o que Não Fazer em um Banco Sustentável”.
Banco HSBC lança política específica para o setor de energia.
Banco Abn Amro Real lança fundo de investimento em infraestrutura com sistema de gestão ambiental - Fundo InfraBrasil.
Adesão pioneira do fundo de pensão Previ e da Caixa ao PRI.
Rede <i>BankTrack</i> lança campanhas específicas para monitorar bancos de países emergentes e os direitos humanos em instituições financeiras.
2005
Banco Bradesco cria comitê e política socioambiental corporativa.
Banco do Brasil adere aos Princípios do Equador e adota critérios socioambientais no financiamento de projetos não enquadrados nos Princípios do Equador.
Banco Itaú aprimora suas políticas socioambientais, cria Comissão de Responsabilidade Socioambiental e adota critérios socioambientais no financiamento de projetos não enquadrados nos Princípios do Equador.
Banco HSBC lança políticas específicas para os setores de infraestrutura de água doce e químico.
Banco Abn Amro inicia o lançamento de políticas específicas para setores mais sensíveis a impactos socioambientais.
Banco Abn Amro Real amplia sua linha de produtos com foco socioambiental.
Banco Abn Amro Real inicia negócios com créditos de carbono.
Banco do Brasil lança fundo atrelado ao Índice de Sustentabilidade Empresarial – ISE.
Bovespa lança o ISE.
Fundo de pensão Petros adota critérios socioambientais para seleção da carteira de ações.
Banco Itaú lança produtos com foco socioambiental.
CEBDS cria a Câmara Técnica de Finanças Sustentáveis, cujos membros são os bancos do Brasil, Abn Amro Real, Itaú, Bradesco, Caixa Econômica Federal e a Bolsa de Mercadorias & Futuros - BM&F.

\* Empresa que fornece serviços de informação, *marketing* e gerenciamento de crédito a organizações e consumidores, com o objetivo de auxiliá-los a gerenciar riscos e benefícios de decisões comerciais e financeiras.

\*\* Os Princípios do Equador são um conjunto de exigências socioambientais, criado em 2003, e aplicado na concessão de financiamento de grandes projetos, amparadas por cláusulas financeiras que limitam a sua aplicação a um montante financeiro mínimo.

Fonte: Finanças Sustentáveis. Disponível em <<http://www.financassustentaveis.com.br/contexto.asp>>.



3.14.2 ICMS Ecológico

O Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços - ICMS constitui uma parcela significativa da receita dos estados brasileiros e é também uma fonte importante de recursos para os municípios. A Constituição Federal estipula que 25% dos recursos provenientes do ICMS em cada estado devem ser repassados aos seus municípios; desses 25%, 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 é 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. É um ótimo incentivo para que os municípios não abandonem essas atividades ambientalmente corretas por não serem devidamente recompensados pelos recursos do ICMS (que anteriormente quase só privilegiava a atividade econômica) e para que outros, principalmente aqueles, que não foram

agraciados pela natureza com áreas de preservação naturais, criem reservas e empreendam atividades ecológicas.

Com o tempo, esta experiência foi evoluindo e a lei passou de um conceito de compensação para o espírito de um real “incentivo econômico”, premiando aqueles municípios que tivessem boa gestão de suas áreas naturais. Assim, esse mecanismo criou uma oportunidade para o estado influenciar no processo de desenvolvimento sustentável dos municípios, premiando algumas atividades ambientalmente desejáveis, o que torna o ICMS Ecológico um instrumento de política pública que representa a operacionalização de um conjunto de princípios inovadores para o aprimoramento da gestão ambiental brasileira, em especial do princípio do provedor-recebedor.

Alguns estados brasileiros já aplicam o ICMS Ecológico com bastante sucesso (Tabela 3.17), enquanto outros ainda estão desenvolvendo os instrumentos legais para sua aplicação.

Além do estado do Paraná, destacam-se como pioneiros na aplicação do ICMS Ecológico, os estados de 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.

Tabela 3.17 ICMS ecológico das Unidades da Federação

Estado	Ano de aprovação da lei do ICMS Ecológico	Porcentagem do ICMS dos Municípios distribuída por critérios ambientais	CrITÉrios de distribuição
Paraná	1991 (Lei Complementar Estadual 59/1991)	5%	Baseado em dois critérios: áreas protegidas e mananciais de abastecimento, possuindo cada um 2,5%, somando os 5% do critério ecológico presente na lei.
São Paulo	1993 (Lei Complementar Estadual 8.510/1993)	0,5%	Municípios com áreas destinadas à proteção ambiental, criadas e sob a responsabilidade do estado.
Mato Grosso do Sul	1994 (Lei Complementar 077 de 07/12/1994)	5%	Municípios que possuem Unidades de Conservação, áreas de Terras Indígenas e Mananciais de Abastecimento Público.
Minas Gerais	1995, com substituição de legislação em 2009 (Lei Complementar Estadual 18.030/2009)*	1% do ¼ constitucional e a partir de 2011 será de 1,10%.	Dividido em três índices: 1. Índice de Saneamento Ambiental, referente a Aterros Sanitários, Estações de Tratamento de Esgotos e Usinas de Compostagem; 2. Índice de Conservação, voltado às Unidades de Conservação e outras áreas protegidas e; 3. O último, está baseado na relação percentual entre a área de ocorrência de mata seca em cada município e sua área total.

Rondônia	1996 (Lei Complementar Estadual 147/1996)	5%	Unidades de Conservação e outros espaços especialmente protegidos.
Rio Grande do Sul	1997 (Lei Estadual 11.038/1997)	7%	Municípios que possuem Unidades de Conservação.
Pernambuco	2000 (Lei 11.899/2000) ICMS Socioambiental	3%	1% a municípios que possuem Unidades de Conservação e 2% aos municípios que possuam sistemas de tratamento ou de destinação final de Resíduos Sólidos
Goiás	2007 (Aprovou a Emenda Constitucional nº 40 - falta regulação estadual)	5%	Este estado não possui informação sobre repasse de ICMS Ecológico aos municípios, pois ainda não legislou nesse sentido.
Ceará	2007 (Aprovou a Lei 14.023/2007) ICMS Socioambiental	2%	O Ceará adotou o ICMS Socioambiental considerando, além de meio ambiente, educação e saúde entre os critérios de repasse. Na repartição, ficam 18% pelo Índice Municipal de Qualidade Educacional - IQE; 5% pelo Índice Municipal de Qualidade da Saúde - IQS; e 2% pelo Índice Municipal de Qualidade do Meio Ambiente - IQM.
Rio de Janeiro	2007 (Aprovou a Lei 5.100/2007**)	2,5%	A aplicação será realizada de forma progressiva: 1% em 2009; 1,8% em 2010; e 2,5% no exercício fiscal de 2011 em diante. O índice de repasse do ICMS Ecológico será composto da seguinte forma: 45% para as Unidades de Conservação; 30% para a qualidade da água; e 25% para a administração dos resíduos sólidos. As prefeituras que criarem suas próprias Unidades de Conservação terão direito a 20% dos 45% destinados à manutenção de áreas protegidas, ou seja, um <i>plus</i> na pontuação aos municípios que assumirem a responsabilidade pela criação, implementação e gestão de Unidades de Conservação da Natureza (municipais) em seus respectivos territórios.
Piauí	2008 (Lei 5.813/2008)	5%	A aplicação será realizada de forma progressiva: 1,5 % no primeiro ano de distribuição, 3% no segundo ano e, 5% do terceiro ano em diante.

\* Esta Lei substituiu a Lei Complementar Estadual nº 12.040/1995, quando da aprovação do ICMS Ecológico no estado de Minas Gerais.  
\*\* Esta lei altera a Lei nº 2.664, de 27 de dezembro de 1996, que trata da repartição aos municípios da parcela de 25% (vinte e cinco por cento) do produto da arrecadação do ICMS, incluindo o critério de conservação ambiental, e dá outras providências.

3.14.3 Fundo Nacional sobre Mudança do Clima - FNMC

O Fundo Nacional sobre Mudança do Clima - FNMC<sup>237</sup>, de natureza contábil, é vinculado ao Ministério do Meio Ambiente - MMA, e tem a finalidade de assegurar recursos para apoio a projetos ou estudos e financiamento de empreendimentos que visem à mitigação da mudança do clima e à adaptação à mudança do clima e aos seus efeitos.

Os recursos do FNMC são constituídos da seguinte forma:

- até 60% (sessenta por cento) dos recursos da participação especial do volume de produção do petróleo<sup>238</sup>;

237 Criado por meio da Lei nº 12.114, de 9 de dezembro de 2009.  
238 A Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997, dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo e dá outras providências. Em seu artigo 50, § 2º, inciso II, dispõe que 10% dos recursos da participação especial do volume de produção do petróleo será destinado ao MMA para o desenvolvimento de atividades de gestão ambiental.

- dotações consignadas na Lei Orçamentária Anual da União e em seus créditos adicionais;
- recursos decorrentes de acordos, ajustes, contratos e convênios celebrados com órgãos e entidades da administração pública federal, estadual, distrital ou municipal;
- doações realizadas por entidades nacionais e internacionais, públicas ou privadas;
- empréstimos de instituições financeiras nacionais e internacionais;
- reversão dos saldos anuais não aplicados;
- recursos oriundos de juros e amortizações de financiamentos.

O FNMC é administrado por um Comitê Gestor vinculado ao MMA, que o coordena, sendo sua competência e composi-

ção estabelecidas em regulamento, asseguradas a participação de seis representantes do Poder Executivo Federal e cinco representantes do setor não governamental.

A aplicação dos recursos do FNMC é destinada ao apoio financeiro reembolsável mediante concessão de empréstimo, por intermédio do agente operador; e ao apoio financeiro, não reembolsável, a projetos relativos à mitigação da mudança do clima ou à adaptação à mudança do clima e aos seus efeitos, aprovados pelo Comitê Gestor do FNMC, conforme diretrizes previamente estabelecidas pelo Comitê. A definição dos recursos a serem aplicados em cada uma das modalidades cabe ao Comitê Gestor do FNMC e sua aplicação poderá ser destinada as seguintes atividades:

- educação, capacitação, treinamento e mobilização na área de mudança global do clima;
- ciência do clima, análise de impactos e vulnerabilidade;
- adaptação da sociedade e dos ecossistemas aos impactos das mudança global do clima;
- projetos de redução de emissões de gases de efeito estufa;
- projetos de redução de emissões de carbono pelo desmatamento e degradação florestal, com prioridade a áreas naturais ameaçadas de destruição e relevantes para estratégias de conservação da biodiversidade;
- desenvolvimento e difusão de tecnologia para a mitigação de emissões de gases do efeito estufa;
- formulação de políticas públicas para solução dos problemas relacionados à emissão e mitigação de emissões de gases de efeito estufa;
- pesquisa e criação de sistemas e metodologias de projeto e inventários que contribuam para a redução das emissões líquidas de gases de efeito estufa e para a redução das emissões de desmatamento e alteração de uso do solo;
- desenvolvimento de produtos e serviços que contribuam para a dinâmica de conservação ambiental e estabilização da concentração de gases de efeito estufa;
- apoio às cadeias produtivas sustentáveis;
- pagamentos por serviços ambientais às comunidades e aos indivíduos cujas atividades comprovadamente con-

tribuem para a estocagem de carbono, atrelada a outros serviços ambientais;

- sistemas agroflorestais que contribuam para redução de desmatamento e absorção de carbono por sumidouros e para geração de renda; e
- recuperação de áreas degradadas e restauração florestal, priorizando áreas de Reserva Legal e Áreas de Preservação Permanente e as áreas prioritárias para a geração e garantia da qualidade dos serviços ambientais.

O agente financeiro do FNMC é o BNDES, que também poderá habilitar o Banco do Brasil, a Caixa Econômica Federal e outros agentes financeiros públicos para atuar nas operações de financiamento com recursos do FNMC.

#### 3.14.4 O Fundo Amazônia

O Fundo Amazônia surge de uma proposta apresentada pelo Governo Brasileiro durante a 13ª Conferência das Partes da Convenção, que aconteceu em Bali, em dezembro de 2007, com o intuito de se criar um mecanismo para apoiar os esforços de redução do desflorestamento na Amazônia.

O BNDES assumiu, em 2008, a gestão e administração do Fundo Amazônia<sup>239</sup>, o qual tem por finalidade captar doações para investimentos não-reembolsáveis de ações que possam contribuir para a prevenção, monitoramento e combate ao desmatamento da floresta, além de iniciativas que promovam a conservação e o uso sustentável do bioma Amazônico, nos termos do decreto de criação.

O BNDES assumiu a responsabilidade pela operação, informação e monitoramento do Fundo, obrigando-se a assegurar que os mais altos padrões de ética sejam observados durante a seleção e contratação de projetos a serem desenvolvidos com recursos do Fundo. O Banco também se compromete a manter os recursos oriundos das doações segregados das disponibilidades do BNDES e, assim, devidamente contabilizados.

O Fundo Amazônia conta com um Comitê Orientador - COFA, composto por 24 representantes - do Governo Federal, estados da Amazônia e da sociedade civil - com a atribuição de determinar suas diretrizes e acompanhar os resultados obtidos. Conta também com um Comitê Técnico - CTFA, composto por seis especialistas de notório saber técnico-científico designados pelo Ministério do Meio Ambiente, após consulta ao Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas, com mandato de três anos, prorrogável uma vez por igual período. O Comitê Técnico tem a atribuição de atestar os cálculos apresentados pelo Ministério do Meio Ambiente quanto às

<sup>239</sup> Criado por meio do Decreto nº 6.527, de 1º de agosto de 2008.



reduções efetivas de emissões de carbono oriundas de desmatamento, apreciando as metodologias de cálculo da área de desmatamento e a quantidade de carbono por hectare utilizada no cálculo das emissões.

Os recursos que integram o patrimônio do Fundo Amazônia são provenientes de doações. O Fundo Amazônia já recebe doações de governos estrangeiros e está se estruturando para receber doações de instituições multilaterais, de organizações não governamentais e também de pessoas físicas. Todos os contribuintes receberão um diploma reconhecendo a contribuição para a redução de emissões provenientes do desmatamento da Amazônia em termos de toneladas de CO<sub>2</sub>. O diploma explicita a quantidade de carbono correspondente ao valor da doação e que essa quantidade não é negociável.

O Fundo Amazônia apoia projetos nas seguintes áreas:

- gestão de florestas públicas e áreas protegidas;
- controle, monitoramento e fiscalização ambiental;
- manejo florestal sustentável;
- atividades econômicas desenvolvidas a partir do uso sustentável da floresta;
- zoneamento ecológico e econômico, ordenamento territorial e regularização fundiária;
- conservação e uso sustentável da biodiversidade; e
- recuperação de áreas desmatadas.

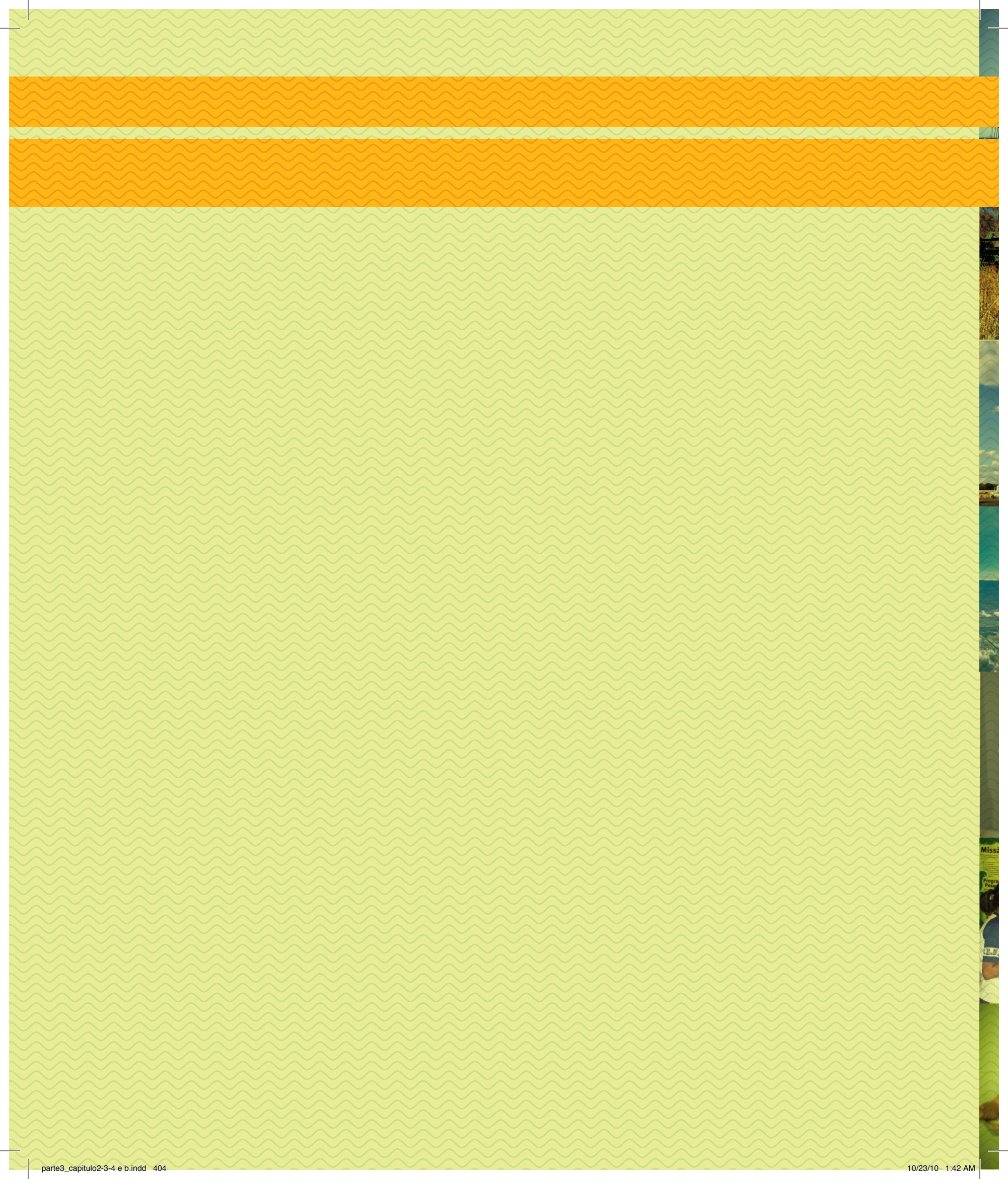
Adicionalmente, o Fundo Amazônia pode apoiar o desenvolvimento de sistemas de monitoramento e controle do desmatamento em outros biomas brasileiros e, até mesmo, em outros países tropicais.

Além da redução das emissões de gases de efeito estufa, as áreas temáticas propostas para apoio pelo Fundo Amazônia podem ser coordenadas de forma a contribuir para a obtenção de resultados significativos na implementação de seus objetivos de prevenção, monitoramento e combate ao desmatamento e de promoção da conservação e do uso sustentável das florestas no bioma amazônico.

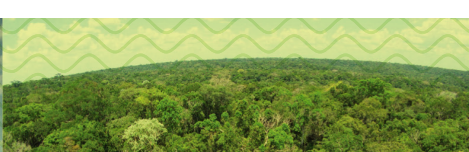
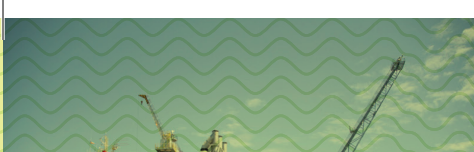
Até junho de 2010 já tinham sido aprovados pelo Fundo Amazônia cinco projetos, totalizando um montante de investimentos de R\$70,3 milhões. São eles:

1. Funbio - R\$ 20 milhões para o projeto Áreas Protegidas da Amazônia - ARPA.
2. Fundação Amazonas Sustentável - R\$ 19,2 milhões para o programa Bolsa Floresta no estado do Amazonas.
3. TNC - R\$ 16 milhões para o Cadastro Ambiental Rural em 12 municípios nos estados do Pará e Mato Grosso.
4. IMAZON - R\$ 9,2 milhões para mobilização para o Cadastro Ambiental Rural em 11 municípios do estado do Pará.
5. Instituto Ouro Verde - R\$ 5,4 milhões para recuperação florestal de 1,2 milhões de hectares em 6 municípios do estado do Mato Grosso.









# Capítulo 4

As Atividades de Projeto no Âmbito do  
Mecanismo de Desenvolvimento Limpo -  
MDL no Brasil



## 4 As Atividades de Projeto no Âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL no Brasil

O Protocolo de Quioto, entre vários outros elementos, traz a possibilidade de utilização de mecanismos de mercado para que os países desenvolvidos possam cumprir os compromissos quantificados de redução e limitação de emissão de gases de efeito estufa. No caso do Brasil, a participação no mencionado mercado ocorre por meio do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL, por ser o único mecanismo do Protocolo de Quioto que admite a participação voluntária de países em desenvolvimento. O MDL possibilita que países em desenvolvimento se beneficiem das atividades de redução de emissões e da posterior venda das reduções certificadas de emissão - RCE, para serem utilizadas pelos países desenvolvidos como modo suplementar para cumprirem suas metas. Esse mecanismo deve implicar em reduções de emissões adicionais àquelas que ocorreriam na ausência do projeto, garantindo benefícios reais, mensuráveis e de longo prazo para a mitigação da mudança do clima.

A seguir, são apresentadas as estatísticas das atividades de projeto no âmbito do MDL no Brasil e no mundo até 17 de agosto de 2010.

### 4.1 Número de Atividades de Projeto

Na Figura 4.1, apresenta-se o status atual das atividades de projeto em estágio de validação, aprovação e registro. Um total de 6.567 projetos encontrava-se em alguma fase do ciclo de projetos do MDL, sendo 2.323 já registrados pelo Conselho Executivo do MDL e 4.244 em outras fases do ciclo. Como pode ser verificado, o Brasil ocupa o 3º lugar em número de atividades de projeto, com 460 projetos (7%), sendo que em primeiro lugar encontra-se a China com 2.487 (38%) e, em segundo, a Índia com 1.769 projetos (27%).

### 4.2 Potencial de Redução de Emissões para o Primeiro Período de Obtenção de Créditos

Em termos do potencial de reduções de emissões associado aos projetos no ciclo do MDL, o Brasil ocupa a terceira posição, sendo responsável pela redução de 393.527.792 tCO<sub>2</sub>e, o que corresponde a 5% do total mundial, para o primeiro período de obtenção de créditos, que podem ser de no máximo 10 anos para projetos de período fixo ou de sete anos para projetos de período renovável.

Na Figura 4.2, apresenta-se o potencial de redução de emissões para o primeiro período de obtenção de créditos.

Figura 4.1 Participação no total de atividades de projeto no âmbito do MDL no mundo

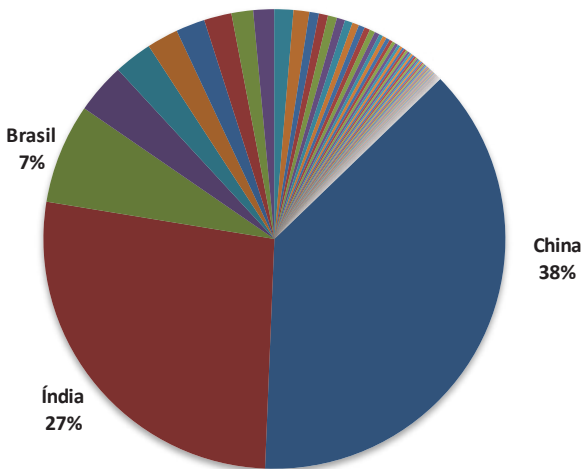
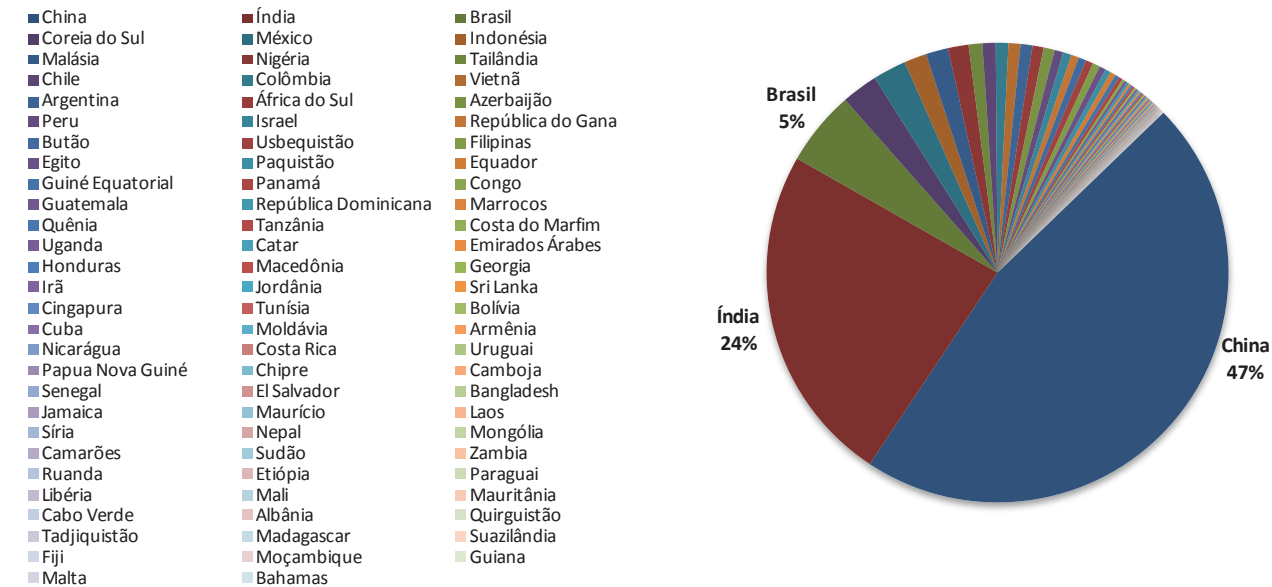


Figura 4.2 Participação no Potencial de redução de emissões para o primeiro período de obtenção de créditos



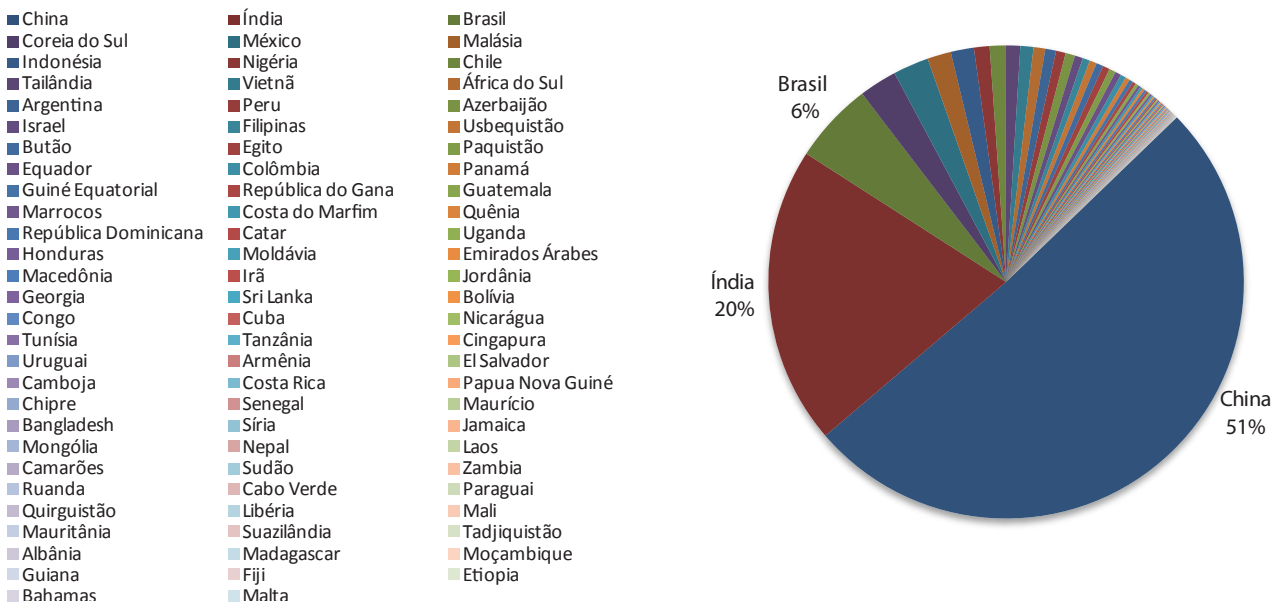
### 4.3 Potencial de Redução Anual de Emissões para o Primeiro Período de Obtenção de Créditos

Na Figura 4.3, apresenta-se uma estimativa anual de redução esperada no primeiro período de obtenção de créditos das atividades de projeto MDL. No cenário global, o Brasil ocupa a terceira posição entre os países com maiores reduções anuais de emissões de gases de efeito estufa, com uma redução de 49.768.483 de tCO<sub>2</sub>e/ano, o que é igual a 6% do total mundial.

### 4.4 Distribuição das Atividades de Projeto no Brasil por Tipo de Gás de Efeito Estufa

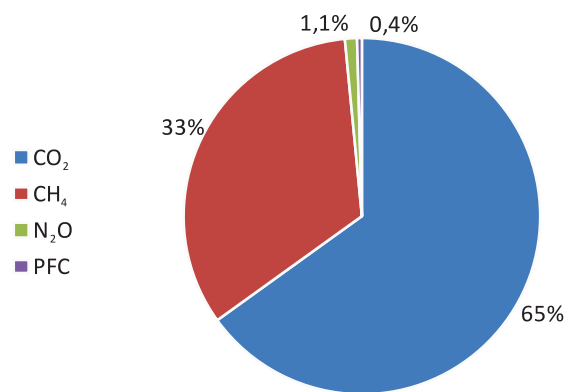
Na Figura 4.4, apresenta-se a participação das atividades de projeto desenvolvidas no Brasil, no âmbito do MDL, no que se refere à redução das emissões de gases de efeito estufa, por tipo de gás. Nota-se que, em termos de número de atividades de projeto, as que reduzem as emissões de CO<sub>2</sub> são atualmente as mais significativas, seguidas pelas atividades de projeto que reduzem CH<sub>4</sub> e das que reduzem N<sub>2</sub>O. Na Fi-

Figura 4.3 Participação no potencial de redução anual de emissões para o primeiro período de obtenção de créditos



gura 4.5, mostra-se que a maior parte das atividades de projeto desenvolvidas no Brasil está no setor energético, o que explica a predominância do CO<sub>2</sub> na balança de reduções de emissões brasileiras.

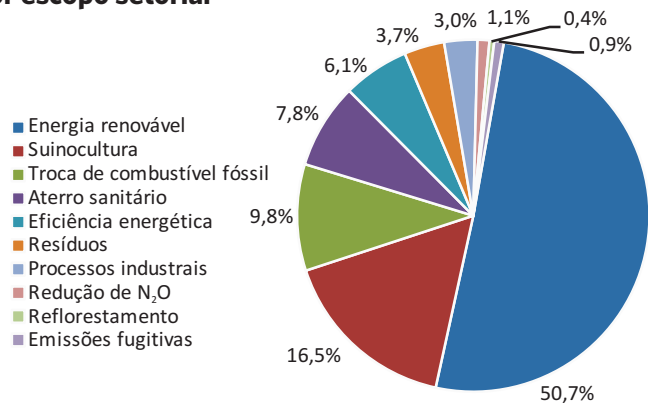
Figura 4.4 Distribuição das atividades de projeto no Brasil por tipo de gás de efeito estufa reduzido



#### 4.5 Distribuição das Atividades de Projeto no Brasil por Escopo Setorial

Esse indicador mostra os escopos setoriais que mais têm atraído o interesse dos participantes de atividades de projetos com predominância no setor energético (Figura 4.5).

Figura 4.5 Distribuição das atividades de projeto no Brasil por escopo setorial



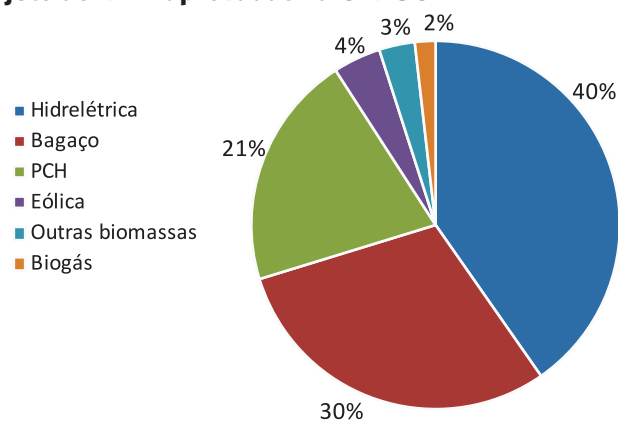
#### 4.6 Distribuição dos Projetos Registrados no Conselho Executivo do MDL

Do total de 2.323 projetos registrados, 175 são projetos brasileiros, estando o Brasil em terceiro lugar, tanto em número de projetos registrados, quanto em termos de redução potencial de emissões durante o primeiro período de obtenção de créditos dos projetos registrados com 172.993.311 de tCO<sub>2</sub>e.

#### 4.7 Capacidade Instalada (MW) das Atividades de Projeto do MDL Aprovadas na AND

Na Figura 4.6, apresenta-se a capacidade total instalada de 4.032 MW na área de geração elétrica das atividades de projeto desse setor no âmbito do MDL aprovadas pela Autoridade Nacional Designada – AND brasileira. Mostra também a distribuição dos principais tipos de geração: hidrelétricas com 1.625 MW, cogeração com biomassa com 1.334 MW e PCHs com 831 MW.

Figura 4.6 Capacidade instalada (MW) das atividades de projeto do MDL aprovadas na CIMGC



No Brasil, o MDL tem alcançado um inquestionável sucesso e tem contribuído, indubitavelmente, para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa no país. Em agosto de 2010, cerca de 460 atividades de projeto brasileiros no âmbito do Mecanismo, em fase de validação ou fase posterior no ciclo MDL, apresentam potencial de reduzir anualmente o equivalente a cerca de 8% das emissões não florestais brasileiras (a preservação florestal não é elegível no âmbito do MDL), que representavam cerca de 59% das emissões do Brasil em 1994.

Com o intuito de citar dois exemplos que demonstram o resultado significativo do MDL em termos de reduções setoriais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil, apenas cinco atividades de projetos no âmbito da produção de ácido adípico e ácido nítrico reduziram praticamente a zero todas as emissões de óxido nítrico (N<sub>2</sub>O) no setor industrial brasileiro e 25 atividades de projeto de redução de metano (CH<sub>4</sub>) em aterros sanitários, registrados no Conselho Executivo do MDL, representam uma redução da ordem de 47% das emissões desse gás em aterros sanitários em 1994.

Ainda considerando reduções setoriais relevantes de emissão de gases de efeito estufa no contexto do MDL, destaca-se o primeiro Programa de Atividades - PoA na área de captura e combustão de CH<sub>4</sub> em granjas de suinocultura no Brasil. Este

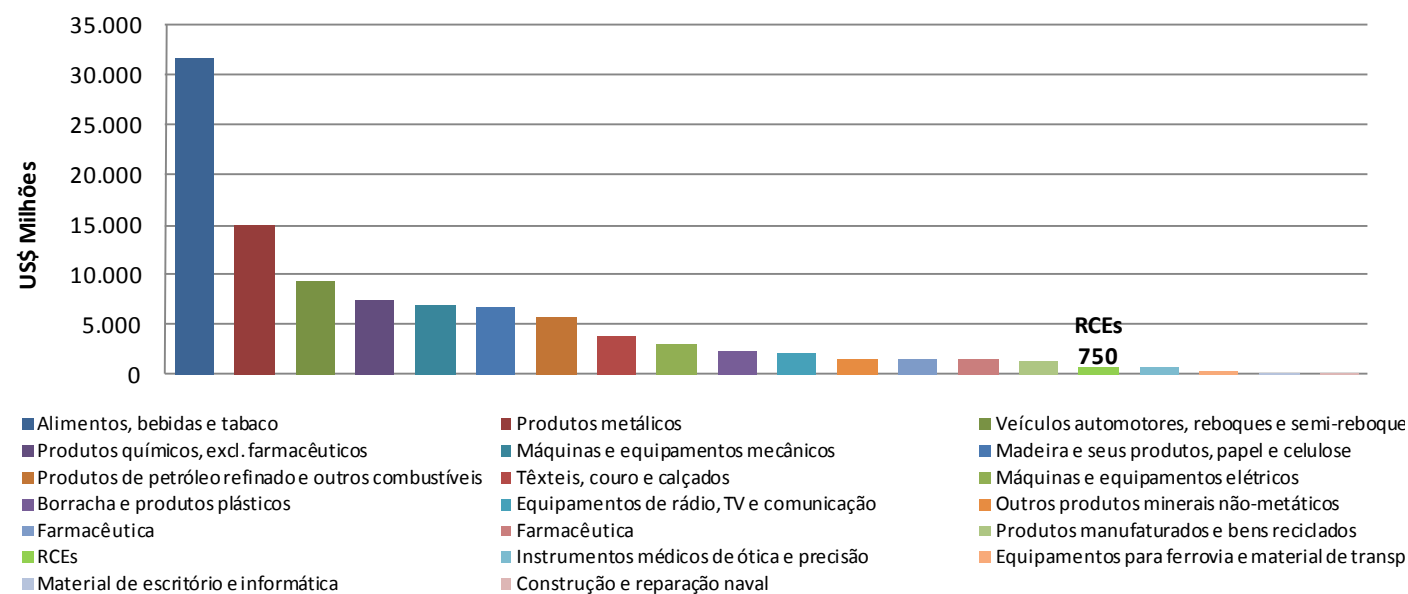


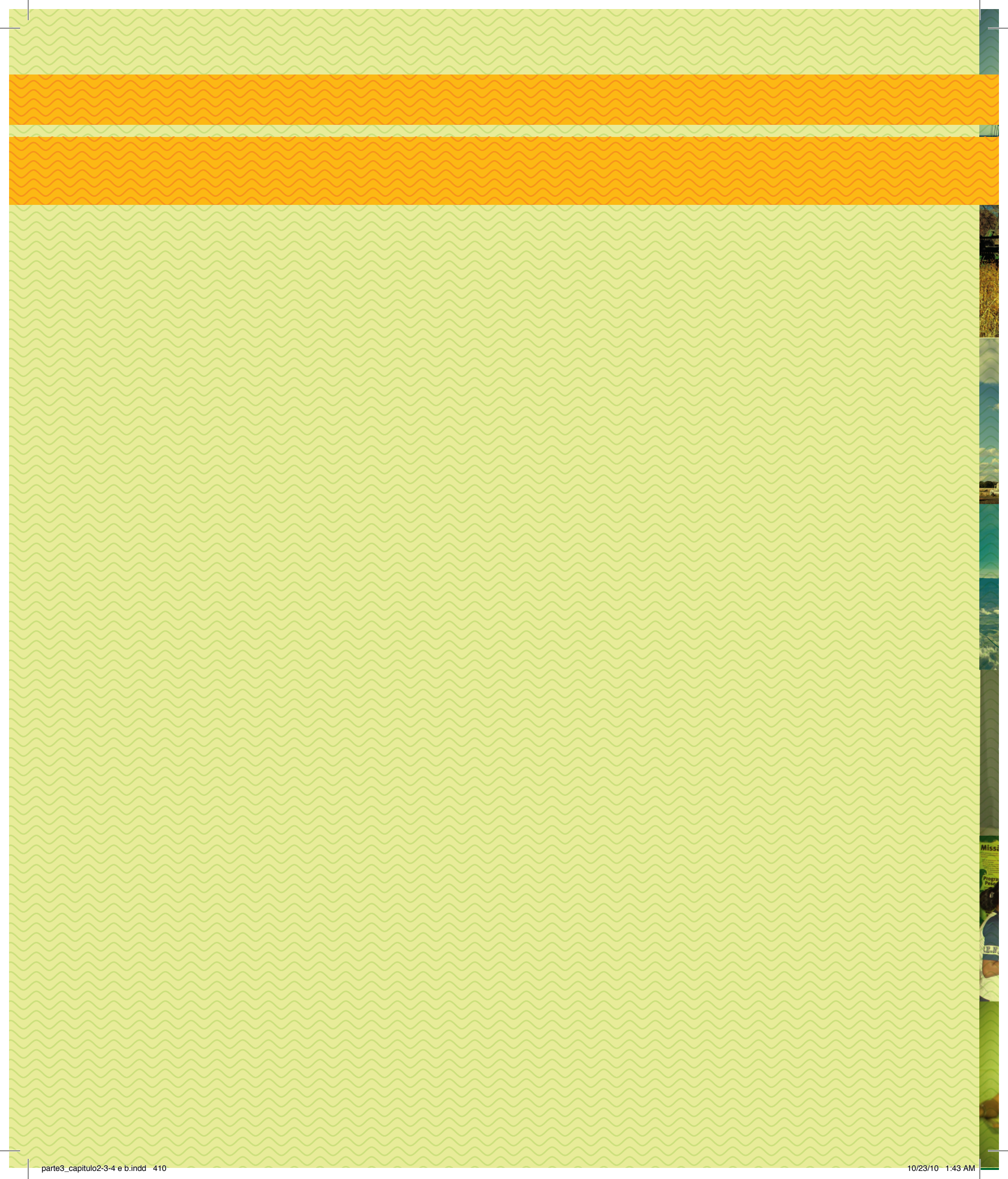
possui atualmente 961 componentes de atividades de projeto de pequena escala, registradas no âmbito da ONU por meio da entidade coordenadora do Programa (Instituto Sadia). A participação dessas mais de 900 pequenas granjas demonstra a relevância do MDL para viabilizar iniciativas que não ocorreriam na ausência do Protocolo de Quioto.

Outra forma de mostrar a importância do MDL no Brasil é esti-

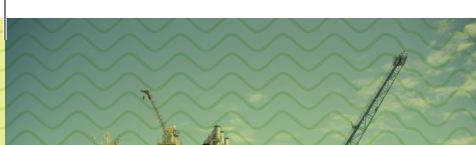
mando o montante de recursos externos a ingressarem no país durante o primeiro período de créditos. Ao se considerar um valor de US\$ 15/tCO<sub>2</sub>e, esse montante alcança um valor em torno de US\$ 5,8 bilhões ou US\$ 750 milhões por ano. Se as Reduções Certificadas de Emissão obtidas pelas atividades de projetos de MDL fossem consideradas na pauta de exportações, em 2009 estaria na 16ª colocação dessa pauta (Figura 4.7).

Figura 4.7 Exportações brasileiras dos setores industriais - 2009 (US\$ milhões FOB)









## SEÇÃO B

PROGRAMAS CONTENDO  
MEDIDAS PARA FACILITAR  
ADEQUADA ADAPTAÇÃO À  
MUDANÇA DO CLIMA



## B. PROGRAMAS CONTENDO MEDIDAS PARA FACILITAR ADEQUADA ADAPTAÇÃO À MUDANÇA DO CLIMA

Devido às limitações, tanto humanas quanto financeiras, o governo brasileiro definiu como estratégia, no início das atividades de implementação da Convenção no país, dar ênfase aos estudos visando à preparação do Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas por Fontes e Remoções por Sumidouros de Gases de Efeito Estufa não Controlados pelo Protocolo de Montreal. Assim, na Comunicação Inicial do Brasil à Convenção, ênfase foi dada ao Inventário. 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.

Na elaboração da Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção, além do Inventário, atenção especial também foi dada aos estudos sobre vulnerabilidade aos efeitos da mudança do clima em áreas estratégicas, de acordo com as circunstâncias nacionais brasileiras.

Um dos principais objetivos da Segunda Comunicação Nacional foi a elaboração de abordagem metodológica relativa à avaliação da vulnerabilidade e a medidas de adaptação, o qual contém dois resultados: a elaboração de modelagem regional do clima e de cenários da mudança do clima; e a realização de pesquisas e estudos sobre vulnerabilidade e adaptação relativos a setores estratégicos que são vulneráveis aos efeitos associados à mudança do clima no Brasil.

O primeiro resultado está relacionado à necessidade de métodos de *downscaling* (redução de escala com aumento da resolução) para desenvolver projeções climáticas para o Brasil mais detalhadas no longo prazo, isto é, com uma melhor resolução espacial do que a proporcionada por um modelo climático global, visando a aplicação a estudos de impactos da mudança global do clima. O primeiro item desta seção aborda os esforços realizados no Brasil neste sentido.

O segundo resultado apresenta uma análise preliminar dos impactos associados à mudança do clima nas principais áreas de acordo com as circunstâncias nacionais do Brasil, principalmente naquelas áreas onde a vulnerabilidade é influenciada por fatores físicos, sociais e econômicos. Esse resultado depende do desenvolvimento de modelos climáticos regionais que forneçam cenários mais confiáveis para a Amé-

rica do Sul em relação aos impactos da mudança do clima, tanto sobre a temperatura média da superfície, como sobre padrões de precipitação.

Assim, foram realizados estudos sobre a região semiárida, áreas urbanas, zonas costeiras, saúde humana, energia e recursos hídricos, florestas, agropecuária e prevenção para desastres, desenvolvidos no âmbito do contrato de gestão de 2007, firmado pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos - CGEE, sob a supervisão do Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT. Para tal, foram mobilizados dez especialistas brasileiros renomados na área<sup>240,241</sup>.

Adicionalmente, com as rodadas do modelo regional e com a disponibilidade de cenários regionalizados de mudança do clima até 2100, foi possível aprofundar estudos nas áreas de saúde, energia, recursos hídricos, agricultura e branqueamento de corais<sup>242</sup>.

### 1 Programa de Modelagem de Cenários Futuros de Mudança do Clima

De acordo com o Quarto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC, 2007b), em seu Sumário Técnico do Grupo II, que trata de "Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade", os principais impactos adversos que poderão afetar o Brasil no futuro em decorrência da mudança global do clima e, que, portanto, poderão requerer medidas de adaptação no Brasil, são os seguintes:

(i) Altíssima probabilidade de áreas áridas e semiáridas da região Nordeste do Brasil serem especialmente vulneráveis aos impactos da mudança global do clima nos recursos hídricos, com diminuição da oferta de água. Este cenário é ainda mais relevante se for considerado o aumento esperado na demanda por água em razão do crescimento populacional.

240 Carlos A. Nobre (cenários de mudança do clima para a América do Sul para o final do século 21); Thelma Krug (florestas); Magda Aparecida de Lima (agropecuária e solos agrícolas); Vanderlei P. Canhos (biodiversidade); José A. Marengo (região semiárida); Marcos Aurélio Vasconcelos de Freitas (recursos hídricos e energia); Carlos Freitas Neves e Dieter Muehe (zonas costeiras); Wagner Costa Ribeiro (zonas urbanas); e Ulisses E.C. Confalonieiri (saúde humana). Os estudos foram coordenados por Marcelo Poppe, do CGEE.

241 A íntegra dos artigos oriundos desses estudos pode ser encontrada na Revista Parcerias Estratégicas, nº 27, dezembro de 2008, CGEE, Brasília, 2008. Este estudo também está disponível na página de internet: <<http://www.cgge.org.br/parcerias/p27.php>>.

242 Estes estudos estão disponíveis na página de internet do MCT: <<http://www.mct.gov.br/clima>>.

(ii) Alta probabilidade de que o aumento na precipitação de chuvas na região Sudeste do Brasil impacte as plantações e outras formas de uso da terra, bem como favoreça a frequência e a intensidade das inundações. Foi constatado um aumento de 0,5 °C na temperatura do Brasil.

(iii) Alta probabilidade de que nas próximas décadas ocorra a extinção de considerável número de espécies na região tropical da América Latina. Gradual substituição de florestas tropicais por savanas na região leste da Amazônia e de algumas áreas semiáridas por áridas na região Nordeste do Brasil, em razão do aumento da temperatura e da diminuição da quantidade de água no solo. Risco de perda de biodiversidade. Até 2050, há alta probabilidade de que 50% das terras agricultáveis estejam sujeitas à desertificação ou salinização. Destaca-se a estação de seca verificada na região da Amazônia em 2005.

(iv) Há alta probabilidade de que o aumento esperado no nível do mar afete as zonas costeiras brasileiras, com impactos adversos inclusive em mangues. Estudos indicam grande fluxo de água para a região Sul do Brasil em decorrência do aumento esperado do nível do mar.

(v) A mudança global do clima poderá elevar a precipitação, exacerbando impactos causados pela erosão. A região Nordeste do Brasil é vulnerável, pois a erosão nesta região já tem causado a sedimentação de reservatórios e, conseqüentemente, diminuído a capacidade de armazenamento e oferta de água. Os países em desenvolvimento são especialmente vulneráveis à erosão, ainda mais no que tange às encostas de assentamentos ilegais em áreas metropolitanas.

(vi) Em regiões que enfrentam escassez de água, como a região Nordeste do Brasil, a população e os ecossistemas são vulneráveis a precipitações menos frequentes e mais variáveis, em decorrência da mudança global do clima, o que pode inclusive prejudicar o abastecimento da população e o potencial agrícola desta região (dificuldades na irrigação).

(vii) Na análise realizada, o fluxo de recursos hídricos da camada subterrânea para a superfície (*groundwater recharge*) diminui, drasticamente, em 70% na região Nordeste do Brasil.

(viii) Poderá haver impactos da mudança global do clima na saúde pública, tendo sido constatados no Brasil casos de doenças relacionadas à inundação, tal qual a diarreia. Há também impacto na saúde pública decorrente da fumaça de queimadas. A mudança global do clima também poderá ter efeitos no aumento dos casos de esquistossomose (do gênero *Schistosoma*).

No entanto, é importante ressaltar que os impactos futuros são analisados tendo como base diferentes cenários de emissão de gases de efeito estufa até 2100. Esses cenários não pressupõem medidas adicionais de combate à mudança do clima ou maior capacidade adaptativa dos sistemas, setores e regiões analisados. Os impactos mais severos projetados ocorreriam apenas em um cenário futuro (2100) onde as emissões de gases de efeito estufa não tenham sido mitigadas, em especial no caso de um aumento significativo de população e do crescimento econômico mundial com o uso intensivo de combustíveis fósseis. Assim, os cenários mais pessimistas e seus impactos projetados podem não ocorrer<sup>243</sup>, caso a comunidade internacional adote medidas efetivas de combate à mudança do clima pela redução da emissão de gases de efeito estufa.

Cabe salientar que cenários não são previsões, sobretudo quando se considera o estado atual de desenvolvimento de modelos do sistema climático global, os quais ainda apresentam inúmeras incertezas. Essas incertezas são ilustradas nas Figuras 1.1 e 1.2, observando-se a discrepância de resultados que existe entre os diferentes cenários. Nas figuras mostra-se também, cenários climáticos para o período 2071-2100 para 15 diferentes modelos climáticos globais baseados no cenário A2<sup>244</sup> de emissões de gases de efeito estufa do IPCC.

Também fica evidente que existe muita variabilidade nas anomalias de temperatura e precipitação projetadas pelos diferentes modelos na magnitude e no sinal da anomalia até o final do século XXI. A diferença entre as anomalias para os diferentes modelos sugere que ainda se tem um grau de incerteza considerável nos cenários de projeção do clima futuro, o que indica a necessidade de melhorar a representação dos processos físicos. O estado da ciência atual ainda não permite estabelecer cenários inequívocos (NOBRE *et al.*, 2008).

Voltando à questão das deficiências na identificação dos riscos advindos da mudança do clima no Brasil, torna-se necessário buscar o aumento da confiabilidade associada aos cenários do futuro possível do clima no país. O conhecimento atual das dimensões regionais da mudança global do clima é ainda muito fragmentado, o que requer mais estudos. Para a elaboração desses estudos há, entretanto, a

243 Vários dos estudos geralmente realizados sobre vulnerabilidade e adaptação foram baseados no cenário com maiores emissões e usando, geralmente, o modelo do Hadley Centre, da Inglaterra, o qual apresenta resultados mais preocupantes. Deve-se, entretanto ressaltar que esta escolha muitas vezes justifica-se pelo fato dos dados do modelo do Hadley Centre serem disponíveis a todos, enquanto a maioria dos dados dos outros modelos não são disponibilizados.

244 A manutenção dos padrões de emissões de gases de efeito estufa observados nas últimas décadas; esse cenário implicaria em se chegar em 2100 com concentrações de CO<sub>2</sub> de cerca de 850 partes por milhão em volume (ppmv).

necessidade de desenvolvimento de modelos de mudança do clima de longo prazo com resolução espacial adequada para análise regional, o que criará condições para a elaboração de possíveis cenários futuros de mudança do clima com diferentes concentrações de CO<sub>2</sub> na atmosfera e análise dos impactos da mudança global do clima sobre o Brasil.

A maioria das incertezas das 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.

As projeções dos cenários da mudança do clima para o século XXI foram derivadas dos vários modelos do clima global utilizados pelo IPCC. 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, alguns modelos sugerem aumento da precipitação.

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. 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, assim, a necessidade de métodos de *downscaling*<sup>245</sup> 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 do clima na gestão e na operação dos recursos hídricos, nos ecossistemas naturais, nas atividades agrícolas e mesmo na saúde e disseminação de doenças.

Portanto, tem sido de fundamental importância o desenvolvimento de capacidade de modelagem climática no Brasil, por meio da análise de modelos globais e regionais para cenários atuais e futuros da mudança do clima.

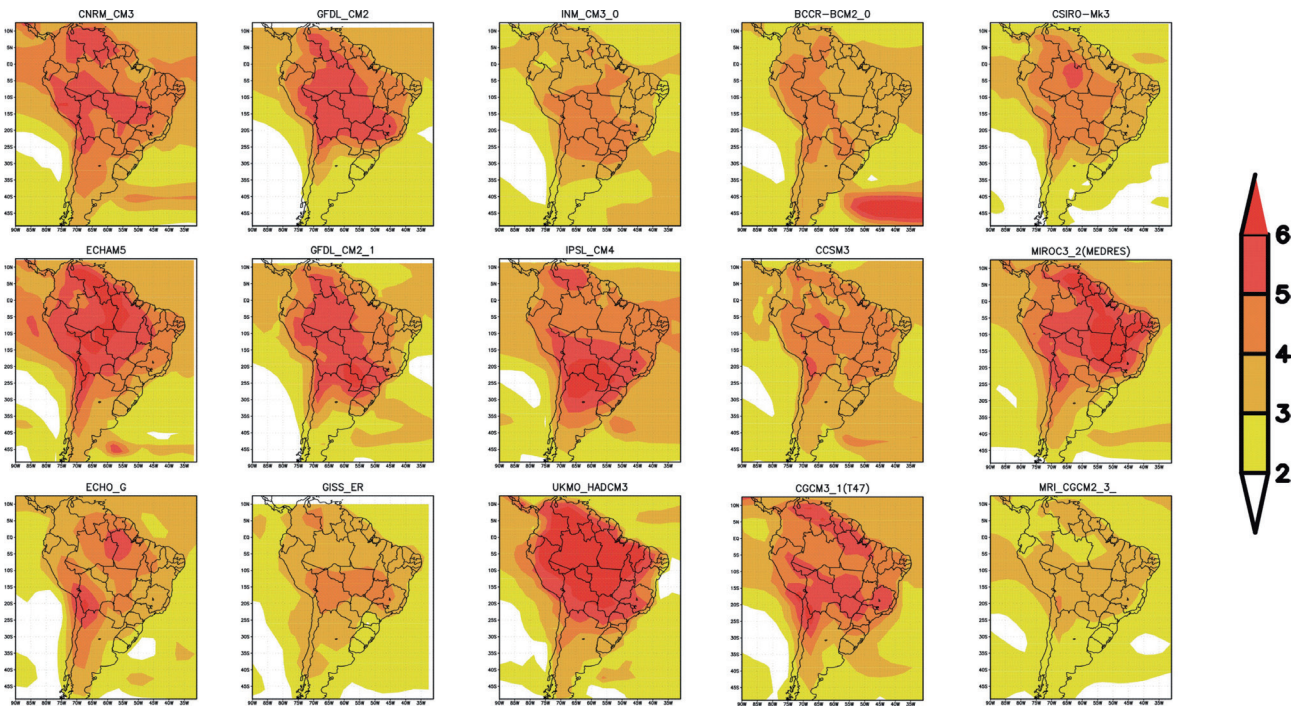
Nesse sentido, o MCT reconheceu como de fundamental importância o desenvolvimento de capacidade de modelagem climática no Brasil, por meio da análise de modelos globais e regionais para cenários atuais e futuros da mudança do clima, e procurou investir nisso.

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, vinculado ao MCT, é o responsável por coordenar a modelagem regional do clima e de cenários da mudança do clima para o futuro, bem como coordenar a relação entre estes resultados e as pesquisas e estudos de vulnerabilidade e adaptação relativos a setores estratégicos que são vulneráveis aos impactos associados à mudança do clima no Brasil.

245 A técnica de *downscaling* é usada para fazer a "interpolação" de uma escala de subgrade com menos resolução para uma com maior resolução, adequada aos processos de mesoescala, tais como aqueles no nível de uma bacia hidrológica. A técnica de *downscaling* consiste na projeção de informações de grande escala para uma escala regional. Essa "tradução" de uma escala global para uma regional e de escalas de tempo anuais para diárias, também aumentaria o grau de incerteza das projeções da mudança do clima. Por exemplo, embora um modelo do clima possa ser capaz de reproduzir com algum sucesso o campo de precipitação observado, é provável que ele tenha menos êxito na reprodução da variabilidade diária, especialmente com relação a estatísticas de ordem elevada, como o desvio padrão e os valores extremos. Assim, embora possa parecer razoável adotar um cenário de temperatura interpolado a partir dos pontos de grade de um modelo global do clima para uma localidade específica, a série temporal interpolada pode ser considerada inadequada para os climas atuais e, portanto, gerar incerteza nos cenários da mudança do clima.

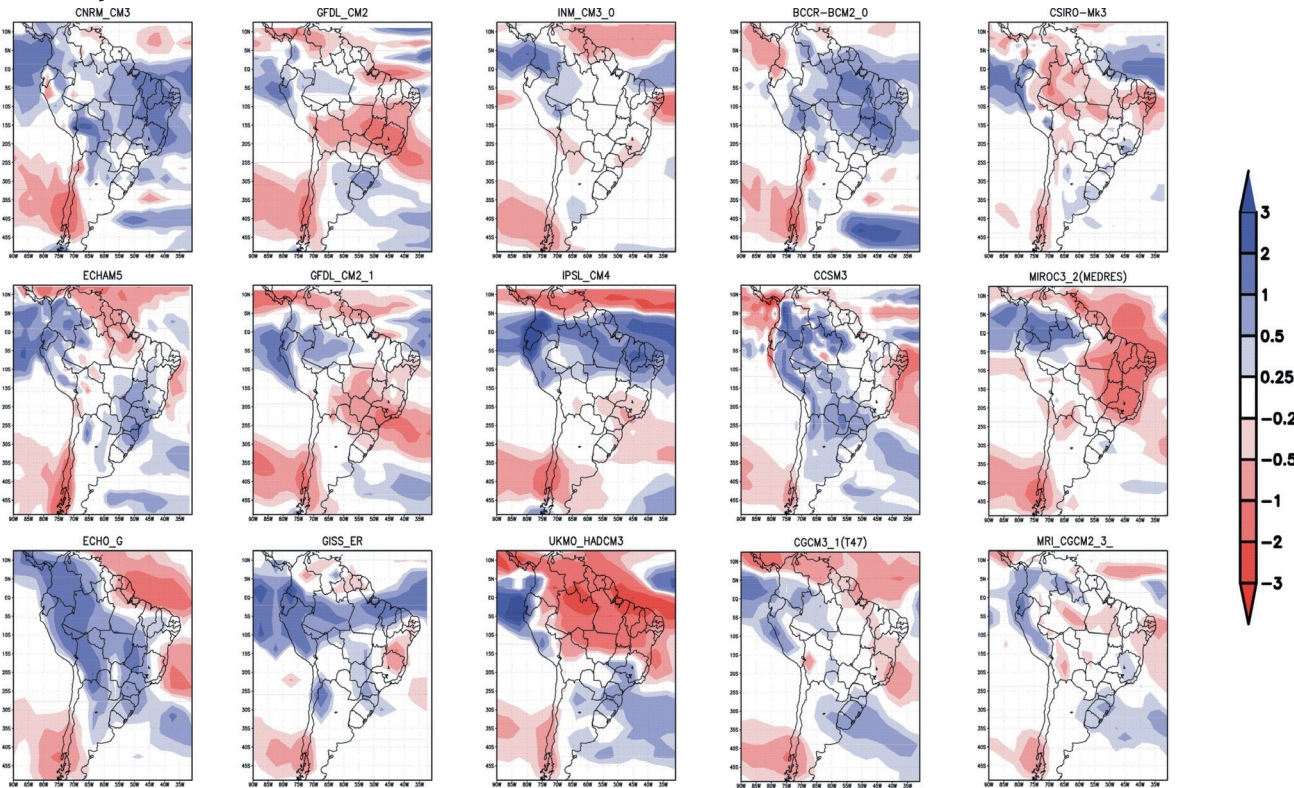


**Figura 1.1** Projeções de anomalias de temperatura (°C) para América do Sul para o período de 2071-2099 (Cenário A2) em relação ao período base de 1961-1990 para 15 diferentes modelos climáticos globais disponíveis através do IPCC



Fonte: NOBRE *et al.*, 2008.

**Figura 1.2** Projeções de anomalias de precipitação (mm/dia) para América do Sul para o período de 2071-2099 (Cenário A2) em relação ao período base de 1961-1990 para 15 diferentes modelos climáticos globais disponíveis através do IPCC



Fonte: NOBRE *et al.*, 2008.

## 1.1 O Modelo Eta-CPTEC

O INPE tem avaliado os diferentes cenários de mudança do clima propostos pelos modelos acoplados globais do Quarto Relatório de Avaliação do IPCC e desenvolvido métodos de downscaling para o Brasil, os quais são aplicados a projeções de mudanças climáticas provenientes de modelos climáticos globais para obter projeções climáticas mais detalhadas, com uma melhor resolução espacial derivada de modelos regionais. Essas projeções são passíveis de uso em estudos dos impactos da mudança de clima em diversos setores sócio-econômicos (agrícola, energético, saúde, recursos hídricos, etc.), indicando a vulnerabilidade aos riscos na forma de probabilidade.

Para isso, o INPE desenvolveu o modelo regional Eta-CPTEC para a América do Sul, que é executado em supercomputadores, dada a necessidade de grande processamento em tempo real. Os modelos numéricos em geral necessitam de grande capacidade de computação e de armazenamento de dados. O modelo Eta foi rodado no supercomputador NEC-SX6 do INPE, capaz de rodar 768 bilhões de operações aritméticas por ponto flutuante por segundo, com capacidade de utilizar modelos numéricos para a simulação de tempo e clima, integrando informações atmosféricas e oceânicas, com capacidade de modelagem regional.

O Eta é um modelo atmosférico regional completo usado pelo CPTEC, desde 1997, para as previsões do tempo operacionais e sazonais. O modelo foi adaptado a fim de ser utilizado como um Modelo Climático Regional – MCR e foi validado como tal (PESQUERO *et al.*, 2009). O MCR Eta-CPTEC foi usado para produzir cenários regionalizados de mudança futura do clima para a Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção.

Os primeiros resultados dos modelos climáticos regionais derivados do modelo climático global do Hadley Centre, do Reino Unido, foram disponibilizados em 2007, os quais vieram a constituir o “Relatório de Clima”<sup>246</sup> do INPE (MARENGO *et al.*, 2007), usando 3 modelos regionais: RegCM3, Eta CCS e HadRM3P,

<sup>246</sup> É chamado “Relatório de Clima” os resultados dos trabalhos desenvolvidos pelo Grupo de Pesquisa em Mudanças Climáticas – GPMC, do INPE. Este grupo tem como objetivo o desenvolvimento de pesquisas relacionadas ao tema mudança do clima em geral, bem como às análises de impacto, vulnerabilidade e adaptação, envolvendo instituições como a Universidade de São Paulo-IGAG, a Universidade de Campinas, a Fundação Brasileira de Desenvolvimento Sustentável, com colaborações de instituições do Governo Federal como Embrapa, INMET, Fiocruz, ANA, Aneel, ONS, COPPE-UFRJ entre outras, assim como os centros estaduais de meteorologia, universidades, o FBMC e a sociedade civil organizada. O grupo também trabalha em conjunto com o Programa Nacional de Mudanças Climáticas do Brasil do MCT, com a Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade do Ar do MMA, com a Rede Clima e com o Programa de Mudanças Climáticas Globais da Fapesp, assim como com programas nacionais de alguns países da América do Sul. Mais informações estão disponíveis na página de internet < [http://www.cptec.inpe.br/mudancas\\_climaticas](http://www.cptec.inpe.br/mudancas_climaticas) >.

com as condições laterais do modelo atmosférico HadAM3P, para os cenários de emissão extremos A2 (altas emissões) e B2 (baixas emissões), com uma resolução de 50 km.

Dentre os vários estudos de impactos e análises de vulnerabilidade que têm utilizado as projeções dos três modelos regionais, pode-se citar o relatório “Mudanças Climáticas e Segurança Energética do Brasil,” publicado em maio de 2008, pela COPPE/UFRJ (SCHAEFFER *et al.*, 2008), o relatório “Aquecimento Global e a Nova Geografia na Produção Agrícola no Brasil”, publicado em agosto de 2008, pela Embrap-Unicamp (ASSAD & PINTO, 2008) e o estudo de “Mudanças Climáticas, Migrações e Saúde: Cenários para o Nordeste Brasileiro” (CEDEPLAR & FIOCRUZ, 2008). Ademais, pode-se citar os relatórios sobre os impactos econômicos da mudança do clima no Brasil (MARCOVITCH *et al.*, 2010) e na América Latina (CEPAL, 2009).

Mais recentemente, o modelo regional Eta-CPTEC contou com novas condições laterais do modelo global acoplado oceano-atmosfera HadCM3 cedidos pelo *Hadley Centre*. O trabalho relacionado a métodos de downscaling para o Brasil foi aplicado aos cenários de mudança do clima provenientes do modelo global HadCM3 para obter projeções climáticas (2010-2040, 2040-2070, 2070-2100) mais detalhadas com uma melhor resolução espacial, segundo o cenário A1B. Para incluir medida de incerteza nas projeções, o Modelo HadCM3 sofreu ligeiras modificações, ou perturbações, gerando três novas realizações ou membros. Estes membros apresentaram as projeções para o final do século XXI com diferentes sensibilidades a temperatura. Um membro apresentou forte aquecimento, um membro apresentou médio aquecimento e outro membro ligeiro aquecimento, todos mantendo a mesma taxa de aumento do CO<sub>2</sub> correspondente ao cenário A1B. Incluindo o resultado do modelo HadCM3 sem perturbação, foram utilizados o total de 4 membros do HadCM3.

Estas condições foram fornecidas ao modelo Eta-CPTEC para gerar o clima presente, 1961-1990, e as projeções para o período 2011-2100 em detalhamento na grade de 40km. A avaliação dos resultados do clima presente mostrou que o modelo representa, em geral, acuradamente o clima presente, com relação aos ventos, temperatura e chuva. Os resultados também mostram uma melhora na simulação das chuvas e temperatura com o uso do Modelo Regional Eta-CPTEC em relação ao modelo global HadCM3. Em geral, as condições do HadCM3 subestimam a frequência de ocorrência de eventos de *El Niño* (aquecimento das águas do Oceano Pacífico) e *La Niña* (esfriamento das águas do Oceano Pacífico), sendo que as anomalias representadas pelo downscaling apresentam padrões próximos aos observados (CHOU *et al.*, 2010). A Figura 1.3 mostra as



projeções anuais para o período de 2010 a 2100 de temperatura e chuva derivadas do modelo Eta-CPTEC para América do Sul, mostrando aumentos da precipitação na região Sul do Brasil, e reduções de chuva no Nordeste e na Amazônia, enquanto que as temperaturas aumentam em todo Brasil, sendo maiores na região continental (MARENGO *et al.*, 2010).

Cabe ressaltar ainda que as projeções climáticas regionais foram disponibilizadas para grupos de países da América Latina, de modo que os cenários puderam ser desenvolvidos em centros nacionais por especialistas de cada país.

O INPE, com o apoio do MCT, promoveu a coordenação entre os resultados preliminares relacionados à elaboração da modelagem regional de clima e de cenários de mudança do clima com as pesquisas e estudos de vulnerabilidade e adaptação relativos a setores estratégicos, que são vulneráveis aos impactos associados à mudança do clima no Brasil. Foram gerados relatórios com cenários climáticos para subsidiar estudos sobre vulnerabilidade no setor de saúde; no setor energético; no setor de recursos hídricos, enchentes e desertificação; no setor agrícola; no setor biodiversidade (incluindo branqueamento de corais); e em zonas costeiras.

Os relatórios produzidos contêm os resultados dos modelos utilizados em forma digital (resultados especializados em resolução apropriada para análise, tabelas, gráficos, diagramas, conforme apropriado), que foram amplamente disponibilizados.

Embora se trate de um primeiro esforço de regionalização dos cenários futuros de mudança do clima e da realização de estudos de vulnerabilidade baseados nos mesmos, com esses resultados, espera-se que o país esteja melhor capacitado para identificar regiões e setores mais vulneráveis com maior grau de confiabilidade do que aquele oferecido pelos modelos globais e, a partir daí, no futuro, poderão ser elaborados projetos de adaptação específicos com o embasamento científico apropriado, possibilitando uma alocação mais racional de recursos públicos.

No entanto, muito ainda resta a ser feito. Os aperfeiçoamentos planejados dessa versão do MCR Eta incluem a vegetação dinâmica e mudanças do uso da terra. Os modelos atmosféricos pressupõem um tipo de vegetação que não se altera com a mudança do clima. Entretanto, o tipo e a densidade da vegetação podem sofrer alterações<sup>247</sup> capazes de exercer influência considerável sobre a modelagem do clima local. A modelagem dinâmica permite a inclusão desses efeitos. O modelo Eta também tem sido executado até o momento com

o uso de poucas condições de contorno de modelo de clima global. Consequentemente, informações quantificadas detalhadas acerca da incerteza das projeções são limitadas.

Prevê-se o funcionamento de uma versão aperfeiçoada do modelo Eta forçado com, pelo menos, quatro modelos do clima global de centros mundiais das Américas, Europa e Ásia, inclusive com o Modelo Brasileiro do Sistema Climático Global - MBSCG (*vide* item 1.2). Espera-se que os resultados preencham as lacunas dos cenários existentes, reduzam as margens de erro e aumentem a resolução espacial de 40x40 km<sup>2</sup> para 20x20 km<sup>2</sup>, o que irá melhorar o nível de detalhamento das projeções para regiões montanhosas e vales, necessário para as avaliações de impactos.

## 1.2 O Modelo Brasileiro do Sistema Climático Global - MBSCG

O Modelo Brasileiro do Sistema Climático Global - MBSCG encontra-se em fase de elaboração no INPE, em colaboração com centros do clima da América do Sul, África do Sul, Índia e Europa. O objetivo do projeto MBSCG é estabelecer um modelo de clima global adequado a projeções de mudança do clima no longo prazo. O MBSCG baseia-se na principal estrutura do atual modelo de clima do CPTEC (que é usado para previsões do clima sazonais), mas inclui representações mais realistas de fenômenos que atuam em uma escala de tempo mais ampla: transições mar-gelo, aerossóis e química atmosférica, vegetação dinâmica, variabilidade de CO<sub>2</sub>, e outras melhorias. O avanço do MBSCG permitiria ao INPE a participação no Quinto Relatório de Avaliação do IPCC e a realização de projeções de mudança do clima.

O trabalho em torno do MBSCG teve início com recursos financeiros do governo brasileiro e diversas agências de financiamento do Brasil<sup>248</sup>. Este modelo possuirá grande potencial de geração de avaliações detalhadas dos efeitos da mudança do clima, vulnerabilidade e adaptação para o Brasil. Os cenários de mudança do clima regionais realizados permitirão uma cuidadosa análise de incertezas com o uso da técnica do modelo de montagem. Os cenários de mudança do clima serão gerados por meio dos supercomputadores instalados no CPTEC/INPE.

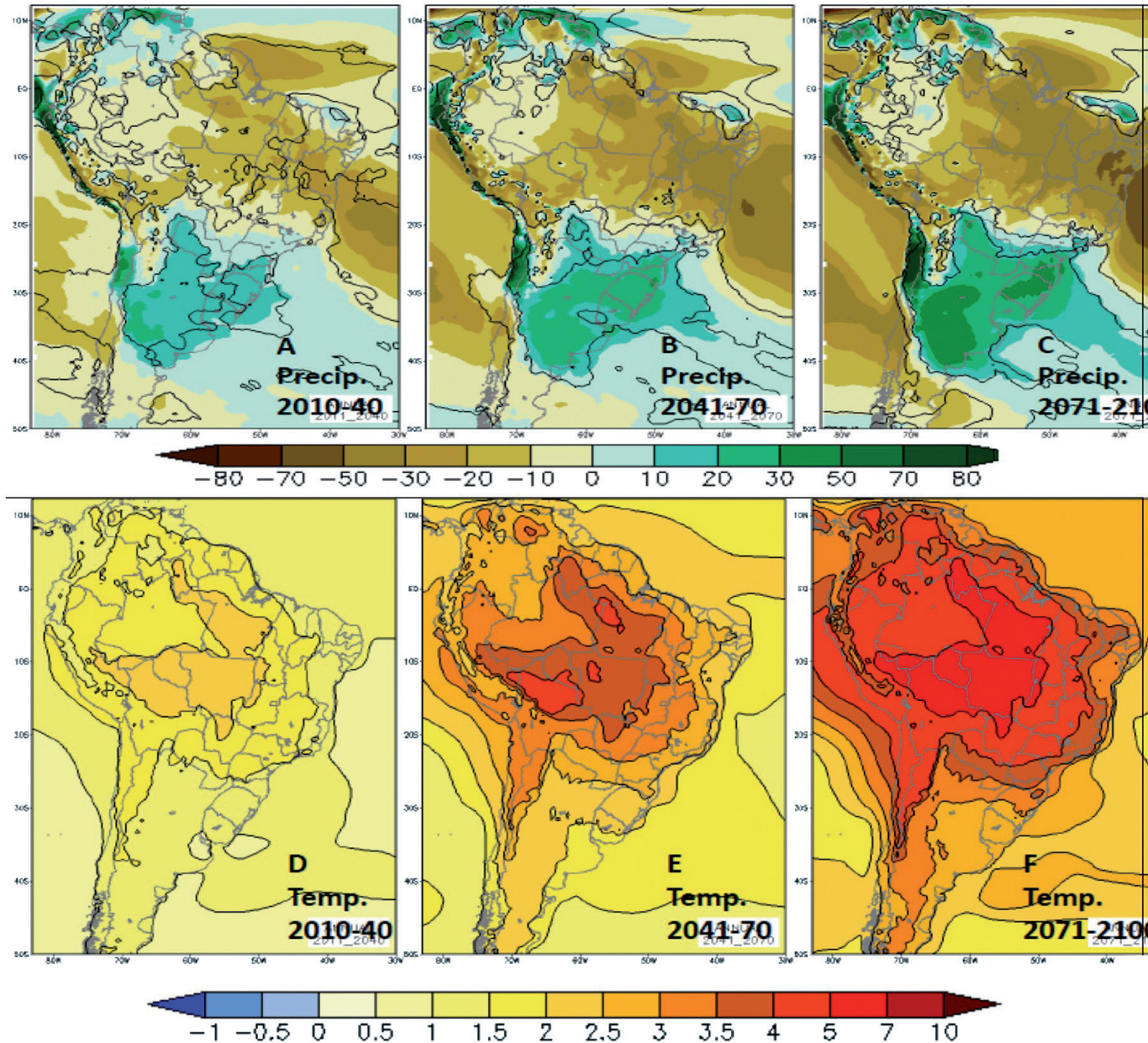
Pretende-se refletir os esforços do desenvolvimento do Modelo Brasileiro do Sistema Climático Global - MBSCG nos estudos de impactos, vulnerabilidade e adaptação no âmbito da Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção.

<sup>247</sup> A vegetação pode sofrer alteração uma vez que sejam excedidas as condições do limiar climático; ou devido a medidas de adaptação que acarretem uma mudança do uso da terra.

<sup>248</sup> Uma parte do Modelo Brasileiro do Sistema Climático Global (4 anos) foi financiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP.



**Figura 1.3** Projeções de mudanças de chuva (%) e de temperatura (°C) para América do Sul para os períodos entre 2010 e 2100 (Cenário A1B) em relação ao período base de 1961-1990 geradas pelo modelo Eta-CPTEC, 40 km a partir de projeções do HadCM3



Fonte: MARENGO *et al.*, 2010.

## 2 Efeitos da Mudança Global do Clima nos Ecossistemas Marinhos e Terrestres

### 2.1 Região Semiárida

O Nordeste brasileiro ocupa 1.600.000 km<sup>2</sup> do território nacional e tem incrustado em 59% da sua área o chamado “Polígono das Secas”, uma região semiárida de 940 mil km<sup>2</sup>, que abrange nove estados do Nordeste e enfrenta um problema crônico de falta de água e chuva abaixo de 800 mm por ano (MARENGO, 2008). Na região semiárida vivem mais de 20 milhões de pessoas, sendo a região seca mais densamente povoada do mundo. A região é um enclave de escassa precipitação, que abrange desde os litorais do estado do Ceará e do Rio Grande do Norte até o médio do rio São Francisco, com uma vegetação de Caatinga. A região semiárida é uma região heterogênea, sendo composta de muitos microclimas com diferentes espécies vegetais, que também incluem microclimas com remanescentes de Mata Atlântica. Essas regiões encontram-se ameaçadas pela pressão antrópica, com crescente degradação ambiental.

Historicamente, a região semiárida do Brasil sempre foi afetada por grandes secas ou grandes cheias. Anos de secas e chuvas abundantes alternam-se de formas erráticas, e intensas foram as secas de 1710-11, 1723-27, 1736-57, 1744-45, 1777-78, 1808-09, 1824-25, 1835-37, 1844-45, 1877-79, 1982-83, 1997-98, e as chuvas de 1924, 1974, 2004-2005 e 2009.

As secas estão associadas às características climáticas da região e às variabilidades dos oceanos Pacífico e Atlântico Tropical (MARENGO & SILVA DIAS, 2007; NOBRE *et al.*, 2006). Estatisticamente, acontecem de 18 a 20 anos de seca a cada período de 100 anos. As secas mais graves aparecem em registros históricos desde o início da colonização, no século XVI, e são comuns. Até agora, o século XX foi um dos mais áridos, registrando 27 anos de estiagem.

A ocorrência de chuvas, por si só, não garante que as culturas de subsistência de sequeiro sejam bem sucedidas. Na região semiárida, é frequente a ocorrência de períodos secos durante a estação chuvosa que, dependendo da intensidade e duração, provocam fortes danos nas culturas de subsistência (NAE, 2005) e, conseqüentemente, impactos adversos à agricultura da região. Impactos sobre as populações podem aumentar com a intensificação de chuvas. Como exemplo, no primeiro semestre de 2009, chuvas intensas prejudica-

ram 664 mil pessoas em seis estados nas regiões Nordeste e Norte do Brasil.

O “Relatório de Clima” do INPE indicou uma tendência de cenários de secas e eventos extremos de chuvas em grandes áreas do Brasil. A região semiárida é considerada a região mais vulnerável do Brasil à possível mudança do clima, já que a disponibilidade hídrica per capita em grande parte da área já é insuficiente, havendo crescente processo de degradação e desertificação, e com mais de 50% da população vivendo em condição de pobreza.

Segundo o citado relatório do INPE, no cenário pessimista - baseando-se nos modelos regionais RegCM3, Eta CCS e HadRM3P - as temperaturas aumentariam de 2 °C a 4 °C e as chuvas reduzir-se-iam entre 15 e 20% (2-4 mm/dia) no Nordeste, até o final do século XXI. No cenário otimista, o aquecimento seria entre 1-3 °C e a chuva ficaria entre 10-15% (1-2 mm/dia) menor. O aumento do desmatamento da Amazônia poderia ainda gerar efeitos adversos na região semiárida, tornando-a mais seca.

Com a possível consequência de uma região semiárida mais árida e com maior frequência de secas e precipitações intensas ou excessivas, os impactos poderão ser muito negativos na economia e na sociedade. A base de sustentação para as atividades humanas - como agropecuária, mineração, indústria, hidroenergia e turismo - diminuiria, sendo provável que aumentasse o deslocamento da população para as cidades ou para as áreas onde fosse possível desenvolver agricultura irrigada. A população mais pobre e os agricultores de subsistência seriam mais fortemente afetados.

Como exemplo de extremos climáticos de grande impacto sobre a região, em novembro de 2007, a represa de Sobradinho chegou a apenas 15% de seu volume preenchido. No estado da Paraíba, 158 municípios estavam em estado de emergência motivado por essa seca. Essa situação poderá ocorrer com mais frequência, já que, segundo o Atlas de Água do Nordeste (ANA, 2006), mais de 70% das cidades com população acima de 5.000 habitantes enfrentarão crises no abastecimento de água para consumo humano até 2025, independentemente da obra de integração da bacia do rio São Francisco às bacias setentrionais da região Nordeste<sup>249</sup>. Portanto, problemas de abastecimento poderão atingir grande parte da população da região Nordeste.

A região apresenta baixos indicadores sociais e de saúde. De fato, entre os dez menores índices do Índice de Desenvolvimento Humano - IDH do país, oito são de estados do

<sup>249</sup> Vide quadro “Transposição do Rio São Francisco”.

Nordeste (MARENGO, 2008). Acrescentando-se a isso o clima semiárido, a vulnerabilidade da população aumenta. A região também apresenta as maiores taxas de mortalidade infantil e a menor expectativa de vida no Brasil. Esse quadro pode se agravar com o aumento de temperatura e redução nas chuvas.

Na década de 1960, o setor agrícola respondia por cerca de 30% do PIB da região Nordeste. Essa relação atualmente está em torno de 7%. No entanto, as pessoas dependentes das atividades agrícolas ainda representam cerca de 30% da força de trabalho da região, ou seja, grande parte da força de trabalho permanece com baixíssima produtividade, o que explica o quadro de pobreza rural da região.

No que concerne aos impactos sobre a biodiversidade na região semiárida, deve-se lembrar que a Caatinga é o único bioma exclusivamente brasileiro, o qual abriga uma fauna e uma flora únicas, com muitas espécies endêmicas, que não são encontradas em nenhum outro lugar do planeta. Trata-se de um dos biomas mais ameaçados do Brasil, com grande parte de sua área já tendo sido bastante modificada pelas condições extremas de clima observadas nos últimos anos, e, potencialmente, é muito vulnerável à mudança global do clima. Resultados de experiências de modelagem de vegetação associadas aos cenários de mudança do clima de altas emissões de gases de efeito estufa (SALAZAR *et al.*, 2007) sugerem que a Caatinga poderá dar lugar a uma vegetação mais típica de zonas áridas, com predominância de cactáceas, até finais do século XXI.

É necessária uma ação coordenada para enfrentar os possíveis efeitos adversos da mudança do clima na região semiárida. Algumas iniciativas implementadas incluem o Sistema Brasileiro de Alerta Precoce de Secas e Desertificação (INPE/MCT e MMA), o Programa de Monitoramento Climático em Tempo Real da Região Nordeste - Proclima, da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste - Sudene e do Ministério da Integração - MI, e o Programa Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca - PAN-Brasil, do MMA.

A região semiárida do Nordeste conta com uma longa história de políticas de adaptação à variabilidade climática, em especial às secas. Essa experiência envolveu a criação e desenvolvimento de instituições, a construção de infraestrutura hídrica e de transportes, a realização de ações emergenciais

em épocas de secas, a pesquisa e extensão rural na agricultura, e a redução da participação na economia (diversificação econômica) com relação a atividades dependentes de chuvas, como a agricultura de sequeiro.

Como exemplos de adaptação, cita-se a criação de empregos emergenciais em épocas de secas (em 1983, foram criados 3 milhões de empregos em “frentes de trabalho”); a acumulação de água em açudes e cisternas; a irrigação tanto pública como privada; o gerenciamento dos recursos hídricos; a revitalização de bacias hidrográficas, inclusive de microbacias; o desenvolvimento de atividades menos dependentes dos recursos de clima.

Para enfrentar os desafios na região semiárida do Brasil, fazem-se necessários estudos de vulnerabilidade a eventos climáticos, de mudança do uso da terra, de aumento populacional e de conflito de uso de recursos naturais (MARENGO, 2008). Os esforços devem voltar-se para ajudar a planejar e implementar ações que levem ao desenvolvimento sustentável da região, fortalecendo a capacidade de adaptação da sociedade, da economia e do meio ambiente e contribuindo, ao mesmo tempo, com as iniciativas de mitigação voltadas para reduzir as causas da mudança global do clima.

São ainda necessárias políticas ambientais de longo prazo, assim como programas de educação ambiental. Deve-se melhorar o conhecimento sobre o ecossistema da Caatinga.

Nesse sentido, recomenda-se a elaboração de um mapa de riscos e das possíveis vulnerabilidades da região semiárida à mudança global do clima, que integre as diferentes vulnerabilidades em diversos setores e suas causas, incluindo um guia de orientação para o planejamento de estratégias de adaptação à essas vulnerabilidades. Deve-se promover o estabelecimento de políticas de abastecimento de água e saneamento básico, principalmente para pequenas comunidades. Há ainda a necessidade de se avaliar a segurança alimentar na região Nordeste e de desenvolver culturas e sistemas agrícolas adaptados à região semiárida, no contexto tanto de variabilidade climática como de mudança do clima.

Porém, assim como a região semiárida é vulnerável à mudança de clima, é também uma região com potencialidades, que precisam ser mais bem conhecidas e incorporadas aos planos de adaptação e de desenvolvimento regional sustentável.



Box 1 - Transposição do Rio São Francisco (MI, 2010)

O Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional é um empreendimento do Governo Federal, sob a responsabilidade do Ministério da Integração Nacional - MI, destinado a assegurar a oferta de água, em 2025, a cerca de 12 milhões de habitantes de pequenas, médias e grandes cidades da região semiárida dos estados de Pernambuco, Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte.

A integração do rio São Francisco às bacias dos rios temporários do semi-árido será possível com a retirada contínua de 26,4 m³/s de água, o equivalente a 1,4% da vazão garantida pela barragem de Sobradinho (1.850 m³/s) no trecho do rio onde se dará a captação. Este montante hídrico será destinado ao consumo da população urbana de 390 municípios do Agreste e do Sertão dos quatro estados do Nordeste Setentrional. Nos anos em que o reservatório de Sobradinho estiver vertendo, o volume captado poderá ser ampliado para até 127 m³/s, contribuindo para o aumento da garantia da oferta de água para múltiplos usos.

A região Nordeste, que possui apenas 3% da disponibilidade de água e 28% da população brasileira, apresenta internamente uma grande irregularidade na distribuição dos seus recursos hídricos, uma vez que o rio São Francisco representa 70% de toda a oferta regional.

Esta irregularidade na distribuição interna dos recursos hídricos, associada a uma discrepância nas densidades demográficas (cerca de 10 hab/km² na maior parte da bacia do rio São Francisco e aproximadamente 50 hab/km² no Nordeste Setentrional) faz com que, do ponto de vista da sua oferta hídrica, o semiárido brasileiro seja dividido em dois: o semiárido da Bacia do São Francisco, com 2.000 a 10.000 m³/hab/ano de água disponível em rio permanente, e o semiárido do Nordeste Setentrional, compreendendo parte do estado de Pernambuco e os estados da Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará, com pouco mais de 400m³/hab/ano disponibilizados por meio de açudes construídos em rios intermitentes e em aquíferos com limitações quanto à qualidade e/ou quanto à quantidade de suas águas.

Diante desta realidade, tendo por base a disponibilidade hídrica de 1500 m³/hab/ano, estabelecida pela ONU como sendo a mínima necessária para garantir a uma sociedade o suprimento de água para os seus diversos usos, o Projeto de Integração estabelece a interligação da bacia hidrográfica do rio São Francisco, que apresenta relativa abundância de água (1.850 m³/s de vazão garantida pelo reservatório de Sobradinho), com bacias inseridas no Nordeste Setentrional com quantidades de água disponível que estabelecem limitações ao desenvolvimento sócio-econômico da região.

As bacias que receberão a água do rio São Francisco são: Brígida, Terra Nova, Pajeú, Moxotó e Bacias do Agreste em Pernambuco; Jaguaribe e Metropolitanas no Ceará; Apodi e Piranhas-Açu no Rio Grande do Norte; Paraíba e Piranhas na Paraíba.

**Benefícios**

O Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional é a mais importante ação estruturante no âmbito da Política Nacional de Recursos Hídricos, tendo por objetivo a garantia de água para o desenvolvimento sócio-econômico dos estados mais vulneráveis às secas. Neste sentido, ao mesmo tempo em que garante o abastecimento por longo prazo de grandes centros urbanos da região (Fortaleza, Juazeiro do Norte, Crato, Mossoró, Campina Grande, Caruaru, João Pessoa) e de centenas de pequenas e médias cidades inseridas no semiárido, o projeto beneficia áreas do interior do Nordeste com razoável potencial econômico, estratégicas no âmbito de uma política de desconcentração do desenvolvimento, polarizado até hoje, quase exclusivamente, pelas capitais dos estados.

O Projeto de Integração, também, terá um grande alcance no abastecimento da população rural, quer seja por meio de centenas de quilômetros de canais e de leitos de rios perenizados, quer seja por intermédio de adutoras para o atendimento de um conjunto de localidades.

2.2 Áreas Urbanas

De acordo com o Quarto Relatório de Avaliação do IPCC, Relatório do Grupo de Trabalho II, “Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade”, está prevista uma maior frequência de ondas de calor em áreas urbanas, de maior intensidade e duração, bem como o aumento da temperatura mínima (IPCC, 2007b), com possíveis impactos sobre a saúde, principalmente para idosos e crianças até 5 anos de idade. Além disso, pode-se prever uma deterioração da qualidade do ar e o aumento de áreas de risco, em especial nas cidades tropicais, que devem ser cada vez mais sujeitas às chuvas intensas que podem provocar escorregamentos de encostas e alagamentos.

A concentração populacional brasileira distribui-se nas metrópoles e em cidades grandes e médias. A urbanização do Brasil é um fenômeno recente se comparado ao que ocorreu em países centrais (RIBEIRO, 2008). A especulação imobiliária e o êxodo rural são alguns dos aspectos que geraram áre-

as com elevada concentração de população de baixa renda, a qual acabou tendo como opção viver em situações de risco, como fundos de vale, várzeas de corpos d’água, encostas íngremes, em cortiços ou imóveis degradados pela falta de manutenção. Cada uma dessas situações expõe seus habitantes aos perigos provocados por eventos climáticos adversos e extremos.

O recente estudo “Vulnerabilidade das Megacidades Brasileiras às Mudanças Climáticas: Região Metropolitana de São Paulo” (NOBRE *et al.*, 2010) mostra que, caso siga o padrão histórico de expansão, a mancha urbana da Região Metropolitana de São Paulo será o dobro da atual em 2030, aumentando os riscos de enchentes, inundações e deslizamentos na região, atingindo cada vez mais a população como um todo e, sobretudo, os mais pobres. Isso acontece porque essa expansão deverá ocorrer principalmente na periferia, em loteamentos e construções irregulares, e em áreas frágeis, como várzeas e terrenos instáveis, com

grande pressão sobre os recursos naturais. Os riscos serão potencializados pelo aumento do número de dias com fortes chuvas, por conta da mudança global do clima. Estudos preliminares sugerem que, entre 2070 e 2100, uma elevação média na temperatura da região de 2 °C a 3 °C poderá dobrar o número de dias com chuvas intensas (acima de 10 milímetros) na capital de São Paulo.

O aumento da temperatura em cidades brasileiras pode se dar por fatores naturais, como o aquecimento do Atlântico Sul, observado desde 1950 (MARENGO, 2006), ou devido a fatores antrópicos (ex: ilhas de calor, o efeito de verticalização e o uso intenso do automóvel nas grandes cidades), ou a uma combinação dos dois. As maiores taxas de aquecimento podem ser detectadas nas metrópoles da região Sudeste do Brasil (principalmente em São Paulo e no Rio de Janeiro), mas também é perceptível em cidades como Manaus - AM, Cuiabá - MT, Campinas - SP e Pelotas - RS. A “ilha de calor” (LOMBARDO, 1985), frequentemente encontrada em metrópoles e grandes cidades, resulta em desconforto térmico e em aumento do consumo de energia para resfriar edifícios. O aumento de temperatura global poderá, ainda, ter impactos significativos sobre a saúde humana, principalmente nas grandes cidades, com o agravamento do quadro de saúde de hipertensos, o que pode aumentar o número de mortes<sup>250</sup>.

A atmosfera terrestre tem sido constantemente contaminada por substâncias emitidas por indústrias, automóveis, termelétricas e outras fontes. Esse impacto é mais evidente nos grandes centros urbanos, como, por exemplo, na cidade de São Paulo, onde a poluição atmosférica é tratada como um problema de saúde pública (SALDIVA, 1992). A poluição do ar gera um aumento de internações (principalmente de pessoas com problemas respiratórios e portadores de moléstias cardíacas), óbitos neonatais, problemas hematológicos, oftalmológicos, neurológicos e dermatológicos (COELHO-ZANOTTI, 2007). Isso ocorre principalmente em períodos de estiagem, em especial no inverno, nas cidades das regiões Sudeste e Sul, quando se verifica com maior frequência a chamada inversão térmica, fenômeno que poderá ser intensificado com o aumento global da temperatura.

A mudança do clima ainda poderá resultar em uma incidência de maior frequência de pragas urbanas. Temperaturas mais elevadas propiciarão a ocorrência em maior escala de insetos. Será preciso criar campanhas de combate

250 É importante destacar que a concentração de poluentes deixa os olhos irritados, acelera o desenvolvimento de tosse, gripe e resfriado. Esses são problemas graves porque afetam mais as pessoas dos extremos da pirâmide populacional: crianças até cinco anos e idosos (RIBEIRO, 2008).

às pragas urbanas para evitar que se propaguem a ponto de gerarem dificuldades aos moradores das cidades brasileiras ou que se transformem em vetores de propagação de doenças.

Outra possível consequência da mudança global do clima será a maior frequência de chuvas de elevada intensidade. Eventos extremos resultam em transtornos locais muito intensos, como alagamentos de vias, congestionamentos, perda de moradia, principalmente de população de baixa renda, prejuízos materiais e até mortes, em geral de moradores de áreas de risco (RIBEIRO, 2008).

Em todo o litoral leste da região Nordeste, na “Zona da Mata”<sup>251</sup> (desde parte do estado do Rio Grande do Norte; como também no estado de Pernambuco, sobretudo nas cidades de Recife e Olinda; até o estado da Bahia, na sua região do Recôncavo<sup>252</sup>), eventos de chuvas fortes trazidas por ondas de leste, se acompanhadas de vagas poderosas impulsionadas pelo vento, são capazes de provocar estragos e até danos maiores em edificações e estruturas viárias à beira-mar (XAVIER *et al.*, 2008).

Como as chuvas devem ser mais intensas em algumas regiões, a água terá mais velocidade e força para gerar sulcos e transportar sedimentos, causando e/ou acelerando processos erosivos. A erosão pode colocar em risco habitações. Além disso, uma erosão mais intensa contribui ainda mais para o assoreamento dos corpos d’água, o que aumenta a possibilidade de alagamentos nos fundos de vale. Em muitas cidades do país ocorreu a impermeabilização de corpos d’água e a ocupação de várzeas para instalação do sistema viário. As chuvas fortes devem agravar as já conhecidas enchentes em vias públicas, as quais geram prejuízos e perdas humanas todos os anos no país.

Deslizamentos de terra em encostas e inundações provocadas por tempestades severas são dois tipos de desastres naturais responsáveis por grande número de vítimas no país, principalmente nas regiões metropolitanas do Rio de Janeiro, São Paulo, Recife, Salvador e Belo Horizonte, e regiões das Serras do Mar e da Mantiqueira<sup>253</sup>.

251 Formada por uma estreita faixa de terra (cerca de 200 quilômetros de largura) situada no litoral Nordeste. A vegetação original na Zona da Mata era predominantemente Mata Atlântica. É uma área com alto nível de urbanização, além de concentrar os principais centros regionais do Nordeste. No setor agrícola, destaca-se as grandes propriedades de tabaco, cana-de-açúcar e cacau. Existe uma larga produção agrícola, devido ao solo fértil (massapê).

252 O Recôncavo Baiano é a região geográfica localizada em torno da Baía de Todos os Santos, abrangendo a Região Metropolitana de Salvador, onde está a capital do estado da Bahia, Salvador.

253 A Serra da Mantiqueira é uma cadeia montanhosa que se estende por três estados do Brasil: São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro.

O patrimônio edificado também poderá ser afetado pela mudança do clima. Chuvas intensas e temperaturas mais elevadas vão exigir ainda maior atenção e recursos para a manutenção do patrimônio arquitetônico das cidades e metrópoles do Brasil, como já ocorreu, por exemplo, em Ouro Preto - MG e Paraty - RJ (ZANIRATO, 2004).

A elevação do nível do mar poderá levar ao abandono de edifícios localizados em áreas urbanas baixas e ao deslocamento de população que vive junto à costa e de centros de serviços instalados junto às praias (RIBEIRO, 2008). Outra dificuldade em cidades costeiras será o destino do esgoto, que é coletado e transportado ao mar por meio de emissários submarinos sem qualquer tratamento prévio. Os cálculos de vazão desse material foram realizados para níveis do mar mais baixos que os projetados pela mudança global do clima.

Algumas cidades do país já estão tomando medidas para mitigar e se adaptar à mudança global do clima, como no caso do Rio de Janeiro, onde sistemas de alerta para resacas e riscos de deslizamentos já foram desenvolvidos (CIM, 2008). São Paulo também já implementou seu Plano de Mudanças Climáticas, que deve ajudar na mitigação e adaptação. No nível estadual, também foi aprovado o Plano Estadual sobre Mudanças Climáticas de São Paulo, Minas Gerais e Pernambuco. As cidades de São Paulo e Curitiba são afiliadas ao C40, que formam o grupo de grandes cidades mundiais compromissadas a combater a mudança do clima. Outra iniciativa é a Campanha Cidades pela Proteção do Clima (*Cities for Climate Protection - CCP*), lançada em junho de 1991, pelo Conselho Internacional para as Iniciativas Ambientais Locais - ICLEI (sigla em inglês de *International Council for Local Environmental Initiatives*), com o objetivo de 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<sup>254</sup>.

Entre as medidas de adaptação à mudança do clima para áreas urbanas pode-se destacar:

- oferecimento de alternativas para moradia da população de baixa renda que atualmente vivem em áreas de risco;
- maior rigor no cumprimento das leis de uso e ocupação do solo;
- elaboração e implementação de planos urbanísticos voltados para o conforto urbano e ambiental e não ditados pelas decisões do setor imobiliário;

- implementação de medidas para atenuar a elevação da temperatura (arborização de cidades, adequação de edifícios às condições tropicais);
- reformulação do sistema viário e de coleta de esgotos, em especial nas cidades litorâneas;
- renaturalização (recriação de microclimas, revegetação, revitalização de cursos d'água) das áreas urbanas;
- obtenção de conhecimento e alternativas técnicas para mitigar e adaptar a população e as cidades à mudança do clima;
- regulamentação das construções, por meio do Código de Obras e do Plano Diretor, adaptando-se aos efeitos da mudança do clima; e
- implementação de mecanismos e políticas para incentivar o transporte público, o transporte metroviário/ferroviário e à integração modal.

## 2.3 Zona Costeira

O Quarto Relatório de Avaliação do IPCC (IPCC, 2007b) prevê, baseando-se nos diferentes cenários de emissão de gases de efeito estufa, que a combinação da expansão térmica das águas com o derretimento das geleiras localizadas nos continentes resultaria num aumento do nível médio do mar entre 18 cm e 59 cm entre 2090-2099, relativamente a 1980-1990. Mudança do clima e o aumento do nível do mar (as variações do nível relativo do mar, ou seja, as variações entre o continente e o mar) poderão ampliar a erosão de áreas costeiras, o risco de branqueamento e mortalidade de corais, e os impactos negativos sobre manguezais e áreas úmidas costeiras. Na América Latina, o aumento do nível do mar elevaria o risco de inundação de áreas de costas mais baixas, afetando, sobretudo, os deltas dos rios e as áreas urbanas costeiras.

O litoral do Brasil estende-se da região equatorial do hemisfério norte às latitudes subtropicais do Hemisfério Sul, ao longo de mais ou menos 8.000 km banhados pelo Oceano Atlântico ocidental. Quando considera a extensão da linha de costa incluindo o contorno dos principais estuários e ilhas, a extensão é, aproximadamente, 12.600 km. Como consequência, a zona costeira atravessa, ao longo de toda essa extensão, diferentes ambientes climáticos, que variam do úmido equatorial e tropical ao semiárido na região Nordeste e ao clima subtropical na região Sul, bem como diferentes ambientes geológicos e geomorfológicos (NEVES & MUEHE, 2008). Para efeitos legais, a zona costeira é constituída por uma faixa

254 Vide nesta Parte seção 3.13, sobre Cidades pela Proteção do Clima.



marítima, com 12 milhas náuticas de largura, e por uma faixa terrestre, com 50 km de largura a partir da linha de costa, correspondendo a uma superfície territorial total de 535.000 km<sup>2</sup> (VIDIGAL, 2006). Nos municípios banhados pelo mar e às margens de estuários, habitam aproximadamente 20% da população brasileira, ou seja, mais de 38 milhões de pessoas, concentradas principalmente na vizinhança das capitais de estados. Portos, exploração de recursos minerais, turismo, aquicultura e áreas de conservação ou de proteção ambiental, além de moradias, são as principais atividades econômicas ou tipos de ocupação da zona costeira.

Uma forma de se analisar a vulnerabilidade dos municípios costeiros à mudança do clima consiste em identificar a porcentagem do PIB aí gerado em comparação com o PIB estadual. Verifica-se que nos estados de Amapá, Piauí, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, a geração de riquezas é comparável à população residente na zona costeira. O estado do Rio de Janeiro, onde um pouco mais de 80% da riqueza e 70% da população localizam-se na zona costeira, é resultado combinado da indústria do petróleo e de várias atividades marítimas (estaleiros, turismo etc.). Nos demais estados, existe forte discrepância entre os percentuais de população (30% a 50%) e de PIB (40% a 70%), os casos extremos são: Pernambuco (65% do PIB para 40% da população), Alagoas (58% para 40%), Paraíba (45% para 28%) e Espírito Santo (72% para 48%). Ao se analisar, porém, os valores de PIB/capita de todos os municípios brasileiros, verificou-se que, entre os 50 maiores valores, apenas 14 municípios situavam-se na zona costeira, em geral sede de atividades associadas a portos ou à indústria do petróleo, e entre os 100 maiores valores, apenas 22 situavam-se na zona costeira. Curiosamente, entre os 100 menores valores de PIB/capita do país, 12 situavam-se na zona costeira.

Para verificar a capacidade dos municípios costeiros em atender a situações de emergência de saúde relacionadas a catástrofes naturais, identificou-se que em 6.000 km de linha de costa existe oferta inferior a 1,5 leitos/1.000 hab.; em 4.100 km, a oferta situa-se entre 1,5 e 2,5 leitos/1.000 hab.; em 1.500 km, a oferta é inferior a 3,5 leitos/1.000 hab.; e, em apenas 800 km, a oferta supera 3,5 leitos/1.000 hab., índice considerado desejável pelas autoridades de saúde brasileiras. No entanto, verifica-se também a fragilidade dos municípios portuários para enfrentar doenças trazidas pelas tripulações de navios estrangeiros ou outras enfermidades causadas pela contaminação de água de lastro.

Desenha-se, pois, um cenário sócio econômico e físico-geográfico bastante complexo para a zona costeira brasileira, evidenciando a má distribuição de renda nos municípios, sua

incapacidade para resolver os problemas sócio-ambientais associados a mudança do clima e a dificuldade dos estados em promover o gerenciamento costeiro.

As áreas geomorfologicamente mais suscetíveis à erosão estão na região Nordeste, em parte pela falta de rios capazes de abastecer o mar com sedimentos, mas também pela retenção das areias marinhas nos campos de dunas e a pequena declividade da plataforma continental, que amplifica o ajustamento da costa a uma elevação do nível do mar. O esgotamento generalizado das fontes de sedimento da plataforma continental interna, juntamente com outros fatores — como alteração natural ou induzida no balanço de sedimentos — tem provocado erosão de variados graus de intensidade, em toda a costa brasileira (MMA, 2006).

Por outro lado, as costas das regiões Sul e Sudeste do Brasil estão sujeitas a ciclones extratropicais, que numa situação única atingiu força de furacão, o Catarina, que atingiu a costa do estado de Santa Catarina, em fevereiro de 2004 (NEVES & MUEHE, 2008).

Estima-se que os valores materiais em risco na zona costeira, considerando o cenário mais elevado de nível do mar e de eventos meteorológicos extremos, variam entre R\$ 136,5 bilhões e R\$ 207,5 bilhões (ROSMAN *et al.*, 2010). Calcula-se que em face do valor estimado do patrimônio em risco, deve haver um investimento mínimo da ordem de R\$ 4 bilhões até 2050, de modo a garantir uma base sustentável para tomada de decisão e dimensionamento seguro da infraestrutura necessária para enfrentar as mudanças esperadas. Porém, essa valoração de impactos e respostas à mudança do clima na zona costeira do Brasil é bastante incerta, pois pouco se conhece sobre alguns dos eventos mais importantes, como geração de ondas e maré meteorológica, o relevo da região e a morfologia da plataforma continental interna.

O regime de ventos associado ao desmatamento de dunas tem sido fator preocupante da ocupação urbana em vários pontos do litoral brasileiro (como, por exemplo, Itaúna-BA, Grussaí-RJ, Cabo Frio-RJ e Arraial do Cabo-RJ e vários locais na região Nordeste), devido ao transporte eólico de sedimentos. Mudanças climáticas que afetem o regime local de ventos ou a vegetação fixadora de dunas, na presença de disponibilidade sedimentar na faixa costeira, podem trazer impactos adversos. Deve-se ainda estar atento a variações do alcance da brisa marinha quanto à ação da maresia sobre materiais e estruturas.

Na medida em que a circulação atmosférica afeta a precipitação, o balanço hídrico das regiões costeiras (incluindo os rios e as lagoas, bem como as restingas e as dunas, onde

fica armazenada água da chuva, e os manguezais) será muito sensível à mudança global do clima. Por ser área de grande valor econômico e de atração populacional, poderá aparecer uma pressão maior sobre o uso de recursos hídricos nessas regiões, seja como fontes de água doce, seja como áreas de despejo de resíduos.

Outros fatores poderão aumentar a vulnerabilidade, tais como a ocupação territorial desordenada, a exploração indiscriminada de jazidas de areia nos estuários e braços de mar, assim como a construção de obras de proteção costeira com critérios técnicos de engenharia inadequados, que muitas vezes tem desencadeado processos erosivos rápidos (como, por exemplo, Fortaleza-CE, Olinda-PE, Conceição da Barra-ES, Matinhos-PR).

Em resumo, os impactos previstos na zona costeira brasileira em consequência da mudança global do clima, excluindo aqueles que seriam comuns às áreas continentais (agricultura, clima etc.), poderão ser os seguintes (NEVES & MUEHE, 2008):

- erosão costeira;
- danos a obras de proteção costeira;
- efeitos do *spray* salino em estruturas de concreto (edifícios e obras marítimas) e em monumentos históricos;
- prejuízos estruturais ou operacionais a portos e terminais;
- danos a obras de urbanização de cidades litorâneas;
- danos estruturais ou prejuízos operacionais a obras de saneamento;
- exposição de dutos enterrados ou danos estruturais a dutos expostos;
- deslizamentos de encostas (ou de falésias) na zona costeira;
- intrusão salina em estuários e aquíferos, que pode afetar a captação de água doce;
- alteração da área de ocupação dos manguezais, que pode resultar em impacto sobre as aves, inclusive as migratórias, assim como para a ictiofauna<sup>255</sup> local;
- danos a ecossistemas devido à falta de água doce causados pelos efeitos relacionados ao desequilíbrio salino;
- danos a recifes de coral.

<sup>255</sup> Em ecologia e ciências pesqueiras, chama-se ictiofauna ao conjunto das espécies de peixes que existem numa determinada região biogeográfica.

Além desses efeitos, devem ser consideradas a mudança do clima associadas à interação oceano-atmosfera e suas possíveis consequências sobre as diversas formas de ocupação da zona costeira e da Zona Econômica Exclusiva, inclusive as atividades de exploração mineral na plataforma e talude continentais<sup>256</sup>, e sobre as rotas de navegação no Atlântico Sul, em face da intensidade e frequência de tempestades.

Para fins de gerenciamento e de decisão política relacionados com a melhor resposta a mudança do clima que afetam a zona costeira, faz-se necessário considerar um quadro multi e interdisciplinar que considere quinze “dimensões”: (1) base cartográfica integrada para a zona costeira (regiões emersa e submarina); (2) o contorno continental e sua vulnerabilidade aos vários agentes dinâmicos; (3) o clima na zona costeira e programas adequados de monitoramento para usos diversos, inclusive para projetos de engenharia; (4) a dependência econômica em relação ao mar e atividades costeiras; (5) a urbanização da faixa litorânea e o ordenamento político da ocupação humana; (6) planejamento e controle da arrecadação e riquezas geradas na zona costeira; (7) a análise integrada de informações ambientais; (8) a educação para o futuro, em todos os níveis formais e em âmbito da educação informal (divulgação científica); (9) a saúde na zona costeira, incluindo a infraestrutura atual e os aspectos políticos das migrações nacionais e os aspectos sanitários das fronteiras marítimas internacionais (saúde dos portos); (10) a água na zona costeira, incluindo os aspectos relacionados à captação, ao tratamento e à distribuição de água potável, bem como à coleta, ao tratamento e ao retorno das águas servidas; (11) o destino final de resíduos sólidos; (12) a geração e distribuição de energia; (13) a produção e a distribuição de alimentos; (14) as relações externas geopolíticas em âmbito regional, nacional e internacional; (15) a legislação, em níveis federal, estadual e municipal, que necessita ser atualizada e prever orçamento específico destinado ao monitoramento e à adaptação à mudança do clima.

No momento, a resposta mais recomendável aos efeitos da mudança do clima é o estabelecimento de uma estratégia de ações para o Gerenciamento Costeiro Integrado, que inclua:

- a condução de monitoramento ambiental permanente (longo prazo);
- a proposição de ordenamentos municipais para ocupação urbana e mais rigor no cumprimento dos mesmos;

<sup>256</sup> Em oceanografia, chama-se talude continental à porção dos fundos marinhos com declive muito pronunciado que fica entre a plataforma continental e a margem continental (ou “sopé continental”), onde começam as planícies abissais.

- a implementação de políticas estaduais efetivas de gerenciamento costeiro;
- o disciplinamento do uso dos solos;
- a integração de programas e políticas de gestão de recursos hídricos e os de gerenciamento costeiro;
- o direcionamento de esforços da ação federal: legislação, educação, monitoramento, sistema de alerta precoce;
- o planejamento e a priorização de estudos para as formas clássicas de respostas (recuo, acomodação e proteção);
- a elaboração de diretrizes e de normas técnicas para obras costeiras e marítimas, que incorporem os possíveis impactos de mudança global do clima sobre obras e construções;
- o desenvolvimento de técnicas de aprimoramento biológico de manguezais, visando ao reflorestamento.

## 2.4 Saúde Humana

Como efeitos futuros da mudança global do clima sobre a saúde humana, o Quarto Relatório de Avaliação do IPCC, Relatório do Grupo de Trabalho II, "Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade, reconheceu os seguintes possíveis impactos (IPCC, 2007b):

- alterações na distribuição espacial e intensidade da transmissão de doenças infecciosas endêmicas, especialmente aquelas transmitidas por vetores, tais como a malária, a dengue, as leishmanioses, etc.;
- risco maior de diarreia, especialmente em crianças, em função da piora no acesso a água de boa qualidade, principalmente nas regiões tropicais secas;
- agravamento no estado nutricional de crianças, com prejuízo para seu desenvolvimento, em áreas já afetadas por insegurança alimentar e que venham a sofrer com períodos prolongados de seca, nos países em desenvolvimento;
- aumento no risco de doenças cardiorrespiratórias por causa do aumento na concentração de poluentes da troposfera (especialmente o ozônio), influenciados pela temperatura mais alta;
- incremento no risco de agravamentos em grupos populacionais considerados como mais vulneráveis, tais como crianças e idosos, populações indígenas e comunidades

tradicionais, comunidades pobres de zonas urbanas, populações costeiras e populações que dependem diretamente dos recursos naturais afetados pela variação climática.

O Brasil, pela sua localização geográfica e pelo seu tamanho continental, pode ser alvo de alterações climáticas importantes, que podem provocar impactos socioambientais que, por sua vez, favoreçam o aumento de doenças infecciosas endêmicas sensíveis ao clima, tais como a malária, o dengue, a cólera, as leishmanioses e a leptospirose, entre outras (MCT, 2007). Os mecanismos de ação das alterações climáticas podem ser diretos, tal como a persistência de umidade e temperaturas favoráveis ao desenvolvimento e dispersão de agentes infecciosos e vetores, e indiretos, como os processos de migração da população humana desencadeados pela seca, provocando a redistribuição espacial das endemias e o aumento da vulnerabilidade social das comunidades.

Como exemplo, surtos importantes de leptospirose têm ocorrido no Rio de Janeiro. Foram relatados 4.643 casos no período 1975-2006, tendo ocorrido em 1996 uma grande epidemia em Jacarepaguá, com 1.797 casos confirmados (CONFALONIERI & MARINHO, 2007). Essa foi uma das maiores epidemias dessa doença de que se tem notícia em todo o mundo. Problemas similares são encontrados em outras grandes cidades do país, como resultado de precária infraestrutura de saneamento e do uso inadequado do solo urbano. As doenças infecciosas endêmicas de maior relevância no Brasil, com relação à mudança do clima, são a malária e a febre da dengue, podendo tanto aumentar como diminuir a sua incidência no âmbito regional. A maior importância desses agravos está relacionada principalmente a sua alta incidência e dificuldade de controle, além da conhecida sensibilidade aos fatores climáticos.

Os estados da região Nordeste são os mais vulneráveis aos impactos do clima na saúde (MCT, 2007), entre os quais se identificam a escassez hídrica, capaz de afetar o quadro epidemiológico das doenças ligadas à má higiene (por exemplo, diarreias infecciosas infantis), bem como agravar situações de insegurança alimentar que geram desnutrição. Constatou-se, em anos de secas severas associadas ao fenômeno *El Niño*, um aumento significativo das taxas de mortalidade infantil por doenças diarreicas.

Na região semiárida do Brasil, na ausência de chuvas sazonais — como ocorre nos períodos de seca — a população tem, historicamente, migrado do meio rural para as áreas urbanas, em busca de assistência governamental. Assim, o fator mudança demográfica pode se constituir em um dos



elementos intermediadores principais entre os fenômenos climáticos extremos (neste caso, a seca) e seus efeitos na economia e na saúde. O deslocamento — intra ou inter-regional — de migrantes das secas acarreta mudanças na economia regional e aumento da insegurança pública nos pontos de destino, em função do aumento na demanda por serviços públicos em geral, incluindo os do sistema único de saúde - SUS<sup>257</sup>. O desencadeamento de fluxos migratórios poderá ainda redistribuir espacialmente tanto doenças crônicas como infecciosas, tais como a dengue, o calazar, a esquistossomose e a doença de Chagas.

Um estudo regional de quantificação de vulnerabilidade da região Nordeste do Brasil, em relação aos impactos inferidos pelos cenários regionais de clima, desenvolveu um índice composto de vulnerabilidade. As razões para este estudo da região Nordeste foram as seguintes:

- aumento projetado da aridez na região, de acordo com cenários do INPE;
- piores índices de vulnerabilidade da saúde, segundo projeto MCT/Fiocruz, em âmbito nacional (CONFALONIERI *et al.*, 2009);
- região possivelmente mais afetada pela mudança do clima, no Brasil, segundo o “*Climate Change Index*” (BAETTIG *et al.*, 2007);
- região historicamente afetada por secas, com graves impactos sociais, e apresentando baixos indicadores socioeconômicos.

O Índice de Vulnerabilidade Geral foi obtido, por unidade da Federação, para a região, por meio da associação de dados de agravos à saúde (Índice de Vulnerabilidade de Saúde - IVS) capazes de serem influenciados, direta ou indiretamente, pelos fatores do clima, com dados ambientais (Índice de Desertificação - IVD) e projeções demográficas e econômicas obtidas a partir de cenários de mudança regional do clima, como consequência da mudança global do clima (Índice de Vulnerabilidade Sócioeconômica - IVSE e Índice de Vulnerabilidade Climática - IVC). A premissa principal foi a de que, a partir das projeções de um aumento futuro da aridez, a escassez de água e alimentos agravará o quadro sanitário e levará a migrações capazes de redistribuir doenças endêmicas no espaço geográfico, bem

como de aumentar a pressão sobre os serviços de saúde nas áreas de destino dos migrantes. O instrumento de análise foi a obtenção de métricas, variando de 0,0 a 1,0, capazes de refletir importantes relações causais no contexto “secas/perdas agrícolas/insegurança alimentar/migrações/saúde”.

A inclusão de dados sobre desertificação foi considerada importante pela relação que esta forma de degradação do solo tem com o clima (além do uso da terra), como também por sua repercussão na produtividade agrícola de subsistência e, portanto, na permanência da população nas áreas afetadas.

Foram analisados, por estado, os índices para os dois cenários de mudança do clima (A2 e B2). Como resultado, foi verificado que aqueles com maior vulnerabilidade, em ambos os cenários, foram os estados do Ceará e Pernambuco. Contribuíram para isto valores altos dos indicadores parciais Índice de Vulnerabilidade em Saúde - IVS, Índice de Vulnerabilidade à Desertificação - IVD, Índice de Vulnerabilidade Econômico-Demográfico - IVED e, em menor intensidade, os valores de Índice de Vulnerabilidade Climática - IVC. No cenário de emissões de carbono mais altas (A2), o estado da Bahia também se apresentou com um grau de vulnerabilidade alto (índice 0,75), índice este que caiu para 0,37 no cenário de menor emissão (B2).

Para a Segunda Comunicação Nacional, com base nas rodadas do Eta-CPTEC, foi construído um Índice de Vulnerabilidade Geral - IVGp (elaborado pela Fiocruz e pelo Departamento de Demografia da UFMG), com um indicador composto, para cada estado brasileiro, formado por sub-indicadores de saúde (tendências de doenças infecciosas endêmicas sensíveis ao clima); demográfico (crescimento da população em geral e da maior de 60 anos, até 2040) e de anomalias climáticas projetadas, segundo o modelo Eta-CPTEC, com condições laterais do modelo global acoplado HadCM3. Para o cenário A1FI (2011-2040), que pressupõe a continuação do uso intensivo de combustíveis fósseis, foram obtidos os valores abaixo para cada unidade da Federação. Estes valores estão organizados em ordem crescente, da menor para a maior vulnerabilidade (valor de IVGp = 1,0 é a maior vulnerabilidade):

Valores de IVGp	Unidades da Federação
0,0 < IVGp <= 0,2	DF, PR, PE, RJ, RS, SE
0,2 < IVGp <= 0,3	AL, PB, SC, SP
0,3 < IVGp <= 0,4	AP, RN
0,4 < IVGp <= 0,5	CE, ES, RR
0,5 < IVGp <= 0,7	AM, BA, MS, MG, PI, RO, TO
0,7 < IVGp <= 1,0	AC, GO, MA, MT, PA

257 O Sistema Único de Saúde - SUS - foi criado pela Constituição Federal de 1988 e regulamentado pelas Leis nº 8080/1990 e nº 8.142/1990, Leis Orgânicas da Saúde, com a finalidade de alterar a situação de desigualdade na assistência à saúde da população, tornando obrigatório o atendimento público a qualquer cidadão, sendo proibidas cobranças de dinheiro sob qualquer pretexto. Para maiores informações *vide* <[http://portal.saude.gov.br/portal/saude/visualizar\\_texto.cfm?idtxt=24627](http://portal.saude.gov.br/portal/saude/visualizar_texto.cfm?idtxt=24627)>.

Há, no cômputo do IVGp, uma predominância das unidades da Federação das regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste, nas piores categorias (valores de 0,5 a 1,0), englobando 12 estados brasileiros. No que diz respeito ao grupo das unidades da Federação com os mais baixos valores do IVGp, percebe-se que, aqueles com valores de Índice até 0,3, incluem dois estados da região Sudeste, os três da região Sul e o Distrito Federal, além de 4 estados da região Nordeste. A situação geral de vulnerabilidade das unidades da Federação, conforme observado na presente avaliação, se comparada com o estudo anterior (MCT, 2005) revela o seguinte:

- Há uma concordância geral entre os dois estudos ao apontarem o DF e todos os estados da região Sul como estando entre os de menor vulnerabilidade.
- Há uma menor concordância no que se refere aos mais baixos IVGp estaduais, pois se, no primeiro estudo realizado (MCT, 2007), todas as piores situações estavam representadas pelos estados da região Nordeste, na atual avaliação esta distribuição foi mais heterogênea, já que este grupo contém estados que se encontram na região Norte, Centro-Oeste e até Sudeste, além da região Nordeste.

Em relação à relevância desses estudos, deve ser considerada a utilização de índices compostos deste tipo, de forma comparativa, em políticas públicas e estratégias regionais de enfrentamento à mudança do clima. Tomando-se em conta a contribuição relativa de cada fator e o caráter transversal entre questões climáticas e outros fatores ambientais e socioeconômicos que afetam a saúde da população humana, estes devem ser considerados no planejamento de políticas de adaptação à mudança do clima.

Na Amazônia, outra região vulnerável, os possíveis impactos de uma redução de chuvas e aumento de temperatura estão relacionados a quatro aspectos principais: piora na situação de acesso a água de boa qualidade; redução na abundância de itens de subsistência extrativista; aumento da inalação de partículas de fumaça de incêndios florestais; alterações nos ciclos das doenças transmissíveis endêmicas, tais como malária e leishmaniose, dentre outras (CONFALONIERI, 2008). A dimensão dos esperados impactos ambientais e na saúde na Amazônia central brasileira pode ser ilustrada tomando-se como exemplo o episódio da seca ocorrida no ano de 2005. Pequenas comunidades ribeirinhas ficaram isoladas, sem água suficiente e sem possibilidade de pesca em função da secagem de igarapés de acesso (BANCO MUNDIAL, 2005).

Com respeito às doenças endêmicas, os cenários futuros para a malária na Amazônia, considerando-se apenas os fatores ambientais, dependerão do que vier a acontecer, por influência do clima, tanto com a floresta como, principalmente, com o seu ciclo hidrológico (CONFALONIERI, 2008). A febre da dengue, a outra endemia de ampla distribuição no país e sensível ao clima, sofre influência sazonal. O resultado disso é a sua maior incidência, atualmente, nos períodos de verão. Isso dá-se em virtude da persistência de temperaturas e umidade favoráveis, bem como de maior exposição da população nessa época do ano. A direção em que ocorrerão as possíveis modificações na epidemiologia da dengue no Brasil vai depender do que acontecer, no nível regional ou no sub-regional, com a mudança do clima. Os cenários previstos para a região Nordeste, por exemplo, não seriam favoráveis, sob ponto de vista ambiental, ao ciclo da dengue, pois o aumento de temperatura acompanhar-se-ia da redução da umidade, o que desfavorece o seu desenvolvimento.

As populações urbanas, principalmente aquelas marginalizadas, são vulneráveis a três riscos principais: deslizamentos de encostas habitadas, durante episódios de chuvas fortes; risco de epidemias de leptospirose, em áreas alagáveis mal servidas por coletas de lixo, durante inundações; e exposição a poluentes atmosféricos, como o ozônio, cujas concentrações podem aumentar por efeito de temperaturas mais elevadas (CONFALONIERI, 2008).

Especial atenção deve ser dada às regiões metropolitanas do litoral que, historicamente, têm apresentado a maior carga de morbimortalidade, em função das suas características sociais, demográficas e geográficas (MCT, 2007). Os impactos costeiros resultantes do aumento do nível médio do mar decorrerão principalmente da salinização do solo, com perda de áreas cultiváveis e deterioração de reservatórios de água potável. Pode haver também, devido à erosão, danos à infraestrutura de saneamento, eletricidade, etc. Os possíveis efeitos na saúde seriam, portanto, indiretos.

Estima-se que, com uma maior ocorrência de eventos extremos de chuva nas regiões Sul e Sudeste do país, a situação de maior risco resultaria da exposição a tempestades e inundações. Historicamente, nessas regiões, foram registrados eventos de chuva forte e alagamentos com vítimas fatais em diversas ocasiões.

Considerando-se o conjunto atual de evidências, pode-se afirmar que as seguintes medidas gerais de adaptação seriam recomendáveis para o setor saúde (CONFALONIERI, 2008):

- aperfeiçoamento dos programas de controle daquelas doenças infecciosas de ampla dispersão no país com al-

tos níveis de endemicidade e sensíveis ao clima, especialmente a malária e a dengue;

- redução dos condicionantes gerais da vulnerabilidade social da população sob risco de sofrerem agravos à saúde (doenças infecciosas e acidentes por eventos críticos, principalmente), por meio de políticas econômicas, educacionais e de habitação;
- criação de sistemas de alerta precoce, conjugando-se a previsão de eventos climáticos extremos com mapas de vulnerabilidade e planos de contingência que também envolvam assistência de saúde;
- identificação dos impactos da mudança do clima na saúde humana e sua quantificação física e financeira, incluindo, entre outros, informações sobre a produção de alimentos, os custos de tratamento de doenças infecciosas endêmicas e de poluição atmosférica, morbi-mortalidade e impactos materiais.

## 2.5 Energia e Recursos Hídricos

Segundo o Quarto Relatório de Avaliação do IPCC, Relatório do Grupo de Trabalho II, "Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade (IPCC, 2007b), os efeitos da evolução do clima sobre a vazão dos cursos de água e recarga dos aquíferos variam de acordo com as regiões e os cenários climáticos idealizados, principalmente em função das variações nas precipitações projetadas. Nas projeções realizadas até o momento, os resultados para a América do Sul não apresentam coerência na projeção das vazões, em primeiro lugar, por causa das diferentes projeções de precipitação e, em segundo lugar, em função das diferentes projeções relativas à evaporação, que podem contrabalançar o aumento das precipitações (Figura 1.2).

O Brasil dispõe da maior reserva hídrica superficial do planeta, cerca de 19,4%, e de um dos maiores potenciais hidráulicos. Contudo, há disparidade entre a disponibilidade hídrica e a localização das demandas consuntivas e não-consuntivas de água (FREITAS, 2003). De fato, algo em torno de 90% das águas encontra-se nas bacias hidrográficas do rio Amazonas e do rio Tocantins, sendo essas áreas de baixa densidade demográfica, enquanto cerca de 90% da população convive com os restantes 10% dos recursos hídricos.

Há ainda desafios regionais ligados aos recursos hídricos. Se as secas são recorrentes no sertão da região Nordeste, na região Sudeste é a poluição industrial e urbana, além do assoreamento dos rios, que mais preocupa (FREITAS & SOITO, 2008). Mais ao sul, a produção agrícola e animal é responsá-

vel por uma poluição difusa de difícil controle dos corpos hídricos superficiais e subterrâneos. Mesmo na maior bacia hidrográfica do planeta, a bacia amazônica, existem problemas decorrentes da expansão demográfica e ocupação desordenada. Alguns são pontuais, como a poluição dos igarapés e rios que banham os centros urbanos, outros são de amplitude regional, como a transmissão de doenças de veiculação hídrica e a degradação da qualidade da água nas comunidades menores durante os períodos de estiagem.

Nos cenários de médio e de longo prazo do uso da água em bacias hidrográficas brasileiras, as necessidades de água tendem a aumentar em função do crescimento demográfico e, sobretudo, do desenvolvimento econômico. Acresce-se a isso o fato de que o risco da mudança global do clima pode alterar o ciclo hidrológico e, com isto, o regime e a disponibilidade hídrica nas bacias hidrográficas, aumentando a pressão sobre os recursos hídricos.

Os impactos da mudança do clima não serão distribuídos uniformemente entre regiões e populações. Populações, setores produtivos e sistemas naturais podem ser mais ou menos afetados ou beneficiados. Assim, os impactos podem variar em magnitude e intensidade, de acordo com a localização geográfica, o tempo, as condições sociais, econômicas e ambientais e a infraestrutura de cada lugar.

No que diz respeito às principais bacias hidrográficas brasileiras, a do rio São Francisco é principalmente caracterizada pelo atendimento às demandas de uso consuntivo, como irrigação para produção de alimentos, abastecimento de água para consumo humano e para diluição de poluentes provenientes de esgotos urbanos e industriais. Sendo assim, com uma possível alteração do regime hídrico pela mudança do clima, os conflitos pelo uso de água poderão aumentar. Por isso, ações que aumentem a eficiência nos usos dos recursos hídricos para irrigação e no maior tratamento de poluentes urbanos devem ser priorizadas. Já quanto ao potencial hidráulico, uma redução poderia provocar uma diminuição na geração de energia ao longo do ano, que deveria ser completada por outras fontes no sistema elétrico interligado.

A bacia do rio Paraná é de vital importância para o sistema elétrico brasileiro, com mais de 50% da capacidade instalada em operação no país. Destaque para a usina hidrelétrica de Itaipu, com seus 14.000 MW de potência instalada. Todavia, essa bacia também é a maior em densidade populacional, o que leva a diversos conflitos de uso do solo e da água, tanto urbanos como rurais, que podem prejudicar o aproveitamento futuro do potencial hidráulico e, sobretudo, trazer limitações à geração de energia elétrica em usinas em operação. Em relação às alterações climáticas, a bacia do rio Paraná



tem sido caracterizada principalmente pelo risco de enchentes, com maior frequência nos anos de aquecimento anômalo do oceano Pacífico, ou seja, de ocorrência do fenômeno *El Niño*. A cascata de hidrelétricas da bacia tem sido usada na regulação da disponibilidade hídrica e na gestão dos eventos extremos de cheias. Sendo assim, deve-se dar atenção aos conflitos pelo uso de água na bacia do Paraná, que se traduzem em vulnerabilidades da geração de energia hidrelétrica, que merecem uma maior atenção do setor elétrico e dos gestores da água, pois podem se agravar no futuro.

A bacia Amazônica continental é a maior bacia hidrográfica do globo, com uma superfície de aproximadamente 6.100.000 km<sup>2</sup> e uma enorme importância na dinâmica climática e no ciclo hidrológico do planeta. A bacia representa aproximadamente 16% do estoque de água superficial doce da Terra e, consequentemente, tem uma importante contribuição no regime de chuvas e evapotranspiração da América do Sul e do mundo. Mudanças regionais, notadamente a mudança do uso da terra, têm provocado alterações no clima e na hidrologia da Amazônia. A mudança global de temperatura pode levar a várias outras alterações do meio ambiente, entre elas a intensificação do ciclo hidrológico global, o que provocará impactos sobre os recursos hídricos no nível regional. É de se salientar que, caso venha a se intensificar a ocorrência de fenômenos de aquecimento anômalo da temperatura da superfície dos oceanos Pacífico e Atlântico, as chuvas e, portanto, as vazões dos rios devem ser reduzidas. De fato, no que diz respeito ao Oceano Pacífico, as ocorrências de *El Niño* têm determinado eventos extremos de deficiência de chuva e por consequência, baixas descargas nos rios da região, sobretudo na parte norte oriental da Amazônia. No entanto, o impacto da variabilidade climática sobre a hidrologia no conjunto da bacia Amazônica é ainda pouco conhecido. Grandes extensões da Amazônia receberam chuvas abaixo da média desde setembro de 1997. Essa ocorrência teve repercussões adversas na segurança alimentar da população ribeirinha e na geração de energia hidrelétrica, com a redução dos níveis dos reservatórios e o aumento da demanda por energia termelétrica (MARENGO, 2006). Por outro lado, a seca mais intensa dos últimos 106 anos que afetou a Amazônia em 2005 não teve suas causas associadas ao *El Niño*, mas sim a um aquecimento anormal do Oceano Atlântico tropical do Norte durante o verão e outono de 2005 (MARENGO *et al.*, 2008).

Devido à grande participação das usinas hidrelétricas no Sistema Elétrico Brasileiro, a geração de energia elétrica no país é fortemente dependente dos regimes hidrológicos das bacias hidrográficas (FREITAS & SOITO, 2008). Como existe um desequilíbrio regional na disponibilidade da água, novos e antigos empreendimentos hidrelétricos são, em maior ou menor grau, vulneráveis à mudança do clima, seja pela redução das vazões

médias nas bacias hidrográficas, seja pelos eventos extremos que poderiam prejudicar a operação das usinas. Serve, como alerta, a crise que ocorreu entre 2001 e 2002 e que afetou o fornecimento e a distribuição de energia elétrica, resultando em interrupções e racionamento de energia.

As regiões Sul e Sudeste detêm, juntas, cerca de 59% do potencial hidrelétrico em operação ou em construção. Por outro lado, a região Norte detém, sozinha, cerca de 52% do potencial hidrelétrico, em fase de estudos ou estimado (ELETROBRÁS, 2007). Ou seja, isto indica que, no curto prazo, as preocupações com a vulnerabilidade devem se concentrar principalmente nas regiões Sul e Sudeste. Para o futuro, porém, é preciso melhorar a compreensão da mudança global do clima e de suas relações com o potencial hidráulico da região Norte.

No estudo “Mudanças Climáticas e Segurança Energética no Brasil” (SCHAEFFER *et al.*, 2008) procurou-se investigar — a partir dos cenários do IPCC, das projeções do Plano Nacional de Energia 2030, dos dados de vazão do Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS e da Agência Nacional de Águas - ANA — as possíveis vulnerabilidades do setor de energia aos efeitos da mudança do clima. Segundo as estimativas preliminares, a mudança do clima pode implicar em uma queda média de 8,6% (cenário A2) a 10,8% (cenário B2) na vazão anual média, isto é, a quantidade média anual de água que afluí para as usinas. As usinas mais afetadas seriam as da bacia do rio São Francisco. Na grande bacia do rio Paraná — formada pelo rio Paraná e as bacias dos rios Paranaíba, Paranapanema e Grande — haveria, apesar da queda na vazão anual média, vazões mais altas no começo da estação chuvosa. O armazenamento dessa água adicional atenuaria os efeitos negativos da redução na vazão anual média, pelo menos nas usinas hidrelétricas já existentes. Estudos sobre a precipitação também indicam possível grande impacto de variação média da vazão anual na Amazônia, mas nela o potencial de geração hidrelétrica não é bem explorado. Ao se confirmarem essas quedas na vazão média, haveria efeitos negativos na produção total de energia média pelas hidrelétricas brasileiras, que cairia 1%, no cenário A2, e 2,2% no cenário B2. O efeito mais acentuado seria nas usinas do rio São Francisco, onde a produção poderia cair até 7,7%.

Os estudos realizados no âmbito da preparação da Segunda Comunicação Nacional do Brasil, com base no *downscaling* usando o modelo Eta-CPTEC, indicam que, no curto e médio prazo (2011-2040), o impacto sobre a geração de energia elétrica no Brasil, não deverá ser negativo, uma vez que a geração hidrelétrica tende a ser favorecida com os cenários climáticos produzidos. Entretanto, recentes estudos para o setor, apresentados na Tabela 2.1, apontam para uma direção contrária dos resultados para períodos mais longos (2070-2010).

Assim, é importante que a análise desses resultados seja feita com prudência, tendo em vista que são estudos com diferentes metodologias e dados climáticos. Tal comparação de resultados reforça a necessidade de aprofundamento de estudos sobre o impacto do clima futuro no setor energético. O estudo da vulnerabilidade do setor energético nacional deve ser continuamente desenvolvido e aprimorado. Dentre os principais desenvolvimentos está o uso de uma maior quantidade de cenários de clima futuro para poder reduzir a incerteza a respeito dos possíveis impactos da mudança global do clima. É de extrema importância, também, aumentar a base de dados a respeito das variáveis climáticas regionais para que se possa acompanhar o processo de mudança do clima e fornecer melhores condições para a realização de novos estudos.

A despeito das incertezas cumulativas inerentes a estudos de impactos de mudança global do clima e de adaptação a eles, é importante notar que, por depender intrinsecamente de condições climáticas, a geração hidroelétrica é vulnerável a alterações do clima, independentemente da confirmação dos cenários futuros. Portanto, é preciso um constante esforço de avaliação da vulnerabilidade do setor buscando aumentar o número de cenários assim como aprimorar a metodologia utilizada. Da mesma forma, a vulnerabilidade do sistema energético brasileiro à mudança global do clima requer que se investiguem, desde já, alternativas de adaptação para que se possa atuar em tempo hábil, a despeito das incertezas a respeito dos cenários climáticos. Dessa forma, as políticas de adaptação devem ser tais que a implementação das mesmas seja benéfica mesmo que o cenário climático não ocorra, na medida em que busquem diminuir a vulnerabilidade do sistema a flutuações do clima. Finalmente, ampliar a rede de medição e monitoramento de dados meteorológicos é uma pré-condição à evolução de estudos de impactos da mudança global do clima no Brasil.

Identifica-se, como possíveis medidas de adaptação à mudança global do clima, entre outras:

- promoção da gestão múltipla e integrada dos reservatórios;
- integração dos planos de recursos hídricos com o planejamento e operação de geração hidrelétrica (e demais usos da água);
- promoção da utilização racional e integrada dos recursos hídricos;
- promoção da implementação do sistema de gerenciamento e dos instrumentos previstos na Política Nacional de Recursos Hídricos;

- desenvolvimento de novos arranjos institucionais e regulatórios para a geração de energia hidráulica;
- revisão das regras operacionais das usinas hidrelétricas, levando em consideração os possíveis impactos da mudança do clima;
- aumento do uso racional de energia e a eficiência energética;
- expansão da oferta de eletricidade por meio do uso de combustíveis alternativos, como resíduos sólidos urbanos, bagaço de cana, energia eólica, energia solar e energia dos mares; e
- promoção da gestão da demanda e o aumento da oferta de biocombustíveis, sobretudo do biodiesel.

**Tabela 2.1 Comparação entre diferentes estudos em relação ao impacto sobre a geração de energia elétrica no Brasil à luz de cenários futuros de mudança do clima**

	Presente Estudo	SCHAEFFER et al. (2008)	SCHAEFFER et al. (2010)
Cenários Emissão	A1b	A2 e B2	A2 e B2
GCM	HadCM3	HadCM3	HadCM3
Downscaling	ETA	PRECIS	PRECIS
Horizonte	2011-2040	2071-2100	2025-2100*
Modelagem Hidrológica	Balanço Hídrico	Estatístico	Balanço Hídrico/ Estatístico
Modelagem Energética	MSUI	SUISHI-O	SUISHI-O
Resultados	Energia Média (+12 a 16%); Energia Firme (+14 a 20%); Impactos Negativos Regionais (At. Leste e Parnaíba)	Energia Média (+12 a 16%); Fortes Impactos Negativos Regionais (N/ NE)	Energia Média (- 1 a 3%); Energia Firme (-29 a 32%); Fortes Impactos Negativos Regionais (N/ NE)
Adaptação	MAED-MESSAGE	-	MAED-MESSAGE
Resultados	Diminuição Capacidade Inst.	-	Aumento Capacidade Inst.

\* Período 2025-2070 feito por interpolação pelo CPTEC/INPE.  
Fonte: COPPE/UFRJ, 2010.

## 2.6 Florestas

Os modelos climáticos do IPCC indicam que as regiões da América do Sul mais vulneráveis à mudança do clima, tanto no componente socioeconômico como em termos da biodiversidade, seriam a Amazônia e o Nordeste do Brasil (MARENGO *et al.*, 2009). O IPCC projeta (IPCC, 2007a), para meados deste século, e com alta confiança, que o aumento da temperatura e o associado decréscimo de disponibilidade de água no solo poderão levar à gradual substituição da floresta tropical por savana em parte da Amazônia. Perdas significativas da Floresta Amazônica são esperadas em decorrência de um aumento da temperatura média em 2,5 °C acima da temperatura média da era pré-industrial (IPCC, 2007a). É ainda muito provável<sup>258</sup> que distúrbios naturais, tais como fogo, insetos e doenças, sejam alterados pela mudança do clima, tanto na sua frequência quanto na intensidade, impactando as florestas e o setor florestal. Entretanto, é difícil estimar precisamente o impacto da mudança do clima nesses distúrbios.

Ambas as forças indutoras, climáticas e não climáticas, afetam sistemas florestais, tornando desafiante analisar o papel da mudança do clima nas mudanças observadas (KRUG, 2008). Forças não climáticas incluem urbanização e poluição, as quais podem influenciar os sistemas de forma direta ou indireta, por meio de seus efeitos no albedo e no regime de umidade do solo. Processos socioeconômicos, incluindo mudanças do uso da terra (como, por exemplo, conversão de florestas para agricultura ou de agricultura para área urbana) e modificação da cobertura terrestre (como, por exemplo, por meio de processos de degradação ou restauração) também afetam esses sistemas.

O entendimento dos potenciais impactos da mudança do clima nos ecossistemas florestais é de particular importância para o Brasil, que detém cerca de 30% das florestas tropicais do mundo (FAO, 2005) e que conta com mais da metade de seu território coberto por formações florestais nativas, distribuídas em seus biomas, particularmente na Amazônia e no Cerrado.

A floresta primária na Amazônia Legal abrange uma área de aproximadamente 3,5 milhões de km<sup>2</sup> (incluindo o “Cerradão”, que é uma formação florestal do bioma Cerrado que, do ponto de vista fisionômico, é uma floresta, mas floristicamente assemelha-se mais ao Cerrado). O Cerrado (incluindo as formações de parque de Cerrado, Cerrado *stricto sensu*, campo Cerrado, entre outros) ocupa cerca de 2 milhões de km<sup>2</sup>, distribuídos ao longo do Brasil Central. Os outros biomas têm cobertura

florestal menos expressiva. A Mata Atlântica, por exemplo, detém hoje menos de 7% da sua cobertura vegetal original.

Há o risco de perda de mais de 40% da floresta em algumas partes da Amazônia, para os cenários que apresentam uma anomalia de temperatura maior que 3 °C (SCHOLZE *et al.*, 2006). Por outro lado, se houver tendência ao aumento das precipitações, essas atuam para contrabalançar a redução das chuvas devido ao desmatamento e o resultado final seria mais favorável à manutenção dos ecossistemas e das espécies. Os diversos estudos realizados pelo Instituto de Pesquisas da Amazônia - IPAM mostram que, em um quadro de aquecimento global e secas mais frequentes, as florestas da Amazônia perderiam muita umidade, tornando-se muito mais vulneráveis às queimadas, podendo haver um aumento significativo da mortalidade de árvores, com consequente aumento das emissões de carbono para a atmosfera.

As florestas fragmentadas são mais vulneráveis aos danos periódicos das secas provocadas pelo *El Niño* do que as florestas intactas. Apesar de o IPCC apontar uma grande incerteza no comportamento do *El Niño* no futuro, também é indicada a possibilidade de uma intensificação dos extremos de chuvas intensas, de secas e de enchentes. Entre os danos causados pela seca na Amazônia, registram-se alta taxa de mortalidade de árvores, mudanças na fenologia das plantas e outras mudanças ecológicas, especialmente nas bordas da floresta. Estudos indicam que os incêndios florestais estão se tornando mais comuns e têm fortes efeitos negativos na vegetação da Amazônia (COCHRANE & LAURANCE, 2002; COCHRANE, 2003). Como exemplo, a seca provocada pelo evento *El Niño* no norte do país, no período 1997-1998, foi responsável pelo incêndio florestal de grande escala no estado de Roraima, que afetou uma parcela significativa de sua floresta primária. Entretanto, é importante ressaltar que a queima de biomassa promove também um aumento na quantidade de aerossóis na atmosfera, e que esses, globalmente, tem um forçamento radiativo negativo. Incêndios florestais também foram detectados em maior número durante a seca de 2005 (MARENGO *et al.*, 2008) e durante a estiagem de 2010.

Por outro lado, alguns tipos de florestas podem se beneficiar com a mudança do clima, particularmente as que se encontram hoje afetadas por limitações de seus requisitos mínimos de temperatura e precipitação, ou por ganhos na sua produtividade líquida, como resultado da fertilização por CO<sub>2</sub> (embora a magnitude deste efeito permaneça ainda incerta para alguns tipos de sistemas).

Às alterações climáticas que podem ter por origem o aquecimento global, há que se adicionar aquelas devidas

<sup>258</sup> Probabilidade maior que 90%.



às alterações da cobertura da vegetação. Há projeções de que os desmatamentos da floresta tropical levarão a um clima mais quente e seco na região (NOBRE *et al.*, 1991; SAMPAIO *et al.*, 2007; COSTA *et al.*, 2007). Estudos indicam ainda que a perda de floresta na Amazônia pode mudar os níveis de precipitação em vastas áreas da América do Sul (MARENGO, 2006). A evapotranspiração na Amazônia alimenta as chuvas que passam pelos Andes e chegam às regiões Centro-Sul, Sudeste e Sul do Brasil. O desmatamento da floresta poderá reduzir, assim, a precipitação nessas regiões.

A perda de florestas diminui o seu potencial papel como sumidouro e reservatório de carbono e contribui para aumentar a concentração atmosférica de CO<sub>2</sub>. Por outro lado, estima-se que impactos negativos da mudança do clima contribuirão para a destruição ou degradação das florestas, promovendo emissões de gases de efeito estufa.

Como há essa interação entre desmatamento e mudança do clima, o primeiro intensificando os impactos do segundo, as ações para reduzir o desmatamento terão como consequência a redução da vulnerabilidade das florestas à mudança do clima. Porém, para as florestas com baixa intensidade de manejo ou nenhum manejo, particularmente as florestas tropicais, existem menos opções de adaptação planejada que para as florestas mais intensivamente manejadas, aumentando as incertezas quanto à vulnerabilidade dessas florestas à mudança do clima. Prevenir a fragmentação florestal é uma medida de adaptação antecipatória para as florestas nativas, que também está associada à redução do desmatamento. Essa redução trará tanto benefícios para a prevenção da mudança do clima (mitigação) quanto para a adaptação, reduzindo a vulnerabilidade das florestas à mudança do clima.

Portanto, as políticas florestais têm um potencial importante de mitigação da mudança do clima, incluindo reflorestamento e florestamento, atividades de manejo florestal, redução da taxa de desmatamento e uso de produtos e resíduos florestais na produção de bioenergia para substituição de combustíveis fósseis, entre outros. Existe hoje, no âmbito da Convenção, um esforço para reduzir as emissões por desmatamento e degradação em países em desenvolvimento, que muito embora possa ser entendido como um esforço de mitigação, compreende também componentes de adaptação, por preservar a riqueza das espécies e a continuidade dos ecossistemas florestais, e de resiliência.

A adaptação das espécies à mudança do clima pode ocorrer por meio da evolução ou migração para locais mais apro-

priados, sendo esta última, muito provavelmente, a resposta mais comum no passado (KRUG, 2008). Dentre as práticas de uso da terra e de manejo prováveis de manter a biodiversidade e as funções ecológicas das florestas, incluem-se, entre outras, a proteção das florestas primárias, a contenção da fragmentação e a representação dos tipos florestais ao longo de gradientes ambientais em reservas, a prática de exploração florestal de baixa intensidade, a manutenção de um banco genético diverso e a identificação e proteção de grupos funcionais e espécies relevantes.

## 2.7 Agropecuária

### 2.7.1 Infraestrutura de Pesquisa sobre as Interações entre Mudança do Clima e a Agricultura

A agricultura é uma atividade amplamente dependente de fatores climáticos, cujas alterações podem afetar a produtividade e o manejo das culturas, com consequências sociais, econômicas e políticas (LIMA & ALVES, 2008).

O IPCC sinaliza uma grande probabilidade de ocorrer degradação de recursos naturais, como solo e água, devido às mudanças na temperatura e na precipitação, com consequências negativas para a agricultura (IPCC, 2007b). Projeta também um decréscimo na produtividade de muitas culturas, mesmo quando considerados os efeitos diretos do aumento da concentração de CO<sub>2</sub> e da adoção de medidas de adaptação em áreas produtoras. A mudança do clima ainda pode induzir a perdas de matéria orgânica do solo, alterando o balanço de entrada e saída de nutrientes, de modo a influenciar a produtividade dos sistemas agrícolas.

Portanto, os efeitos da mudança global do clima sobre a agricultura podem se traduzir, principalmente, em queda da produtividade e diminuição de áreas adequadas à condução das culturas agropecuárias. A vulnerabilidade dos estabelecimentos agrícolas é bastante variável, o que significa que sua capacidade de adoção de ações de adaptação à mudança do clima varia não só em função dos diferentes cenários climáticos, região e tipo de cultura, mas também de acordo com sua condição socioeconômica e de acesso aos benefícios de políticas públicas que foquem a redução da sua vulnerabilidade. Em função do efeito cumulativo das forçantes espaciais e socioeconômicas, os impactos da mudança do clima sob a agricultura deverão ser avaliados, tanto no âmbito nacional, quanto internacional. Algumas análises da vulnerabilidade da agricultura são apresentadas abaixo. Destaca-se, porém, que não foram considerados efeitos de pragas e doenças e de eventos climáticos extremos, que poderiam modificar drasticamente as previsões de produtividade para as culturas.

Ademais, ainda há incertezas do efeito da fertilização de CO<sub>2</sub> sobre a produtividade dessas culturas.

Devido à necessidade de tomada de decisão e de formulação de políticas públicas frente à mudança do clima projetada, a análise da vulnerabilidade dos sistemas de produção é de fundamental importância para que estratégias de adaptação sejam planejadas e adotadas, devendo ser realizada com os melhores conjuntos de dados disponíveis, ao invés da espera pelo dado perfeito que impossibilita qualquer tomada de decisão. Nesse contexto, a contínua evolução na qualidade e na definição de incertezas das projeções climáticas dos modelos regionais de circulação atmosférica se reflete na melhoria das análises da vulnerabilidade das culturas agrícolas, conferindo maior segurança na definição de políticas públicas.

Uma das medidas de adaptação é o uso do zoneamento agroclimatológico como ferramenta para identificar as melhores áreas para cada tipo de cultura, permitindo maiores produtividades, o que tem sido feito no Brasil desde meados da década de 1990, por meio do programa de Zoneamento de Risco Climático das principais culturas agrícolas brasileiras, mantido pelo Governo Federal (<<http://www.agritempo.gov.br>>), tornando-se, de fato, um indutor de tecnologia, reduzindo o risco de produção dessas culturas. Os mesmos mo-

delos utilizados no Zoneamento de Risco Climático têm sido utilizados para analisar a vulnerabilidade futura das culturas agrícolas, por meio da incorporação de dados de entrada de modelos regionais rodando os cenários definidos pelo IPCC (NAKICENOVIC *et al.*, 2000).

O estudo “Aquecimento Global e a Nova Geografia da Produção Agrícola no Brasil” (ASSAD & PINTO, 2008) apresenta uma análise da vulnerabilidade de nove culturas agrícolas ao impacto das mudanças climáticas no Brasil. Para essa análise, as projeções regionalizadas dos cenários B2 e A2 do IPCC, realizadas pelo INPE (MARENGO *et al.*, 2007), foram utilizadas como conjunto de entrada para os modelos do Zoneamento de Risco Climático das culturas agrícolas analisadas. Os resultados desse trabalho, apresentados Tabela 2.2, mostram grande variação da área potencial de baixo risco para o desenvolvimento de cada cultura.

A análise da Tabela 2.2 mostra a redução de áreas de baixo risco para o cultivo na maioria dos casos. Com exceção da cana-de-açúcar, há reduções significativas para as culturas do algodão, girassol, café, arroz, feijão e, principalmente, milho e soja. A mandioca, embora apresente aumento de área nas demais regiões do Brasil, sofre redução de área na região Nordeste, aonde é a base da alimentação da população.

Tabela 2.2 Variação percentual da área potencial de baixo risco para nove culturas agrícolas brasileiras, para os cenários B2 e A2

Culturas	Produção atual	Valor da produção	Área atual	Cenário B2 - % de variação em relação à área ou produção atual			Cenário A2 - % de variação em relação à área ou produção atual		
	(toneladas)	R\$ 1.000	(km²)	2020	2050	2070	2020	2050	2070
Algodão	2.898.721	2.831.274	4.029.507	-11,04	-14,17	-15,71	-11,07	-14,40	-16,12
Arroz	11.526.685	4.305.559	4.168.806	-08,56	-12,53	-14,31	-09,70	-12,32	-14,19
Café	2.573.368	9.310.493	395.976	-06,75	-18,32	-27,61	-9,48	-17,15	-33,01
Cana	457.245.516	16.969.188	619.422	170,93	146,77	143,42	159,76	138,58	118,18
Feijão	3.457.744	3.557.632	4.137.837	-04,35	-10,01	-12,75	-4,36	-10,21	-13,3
Girassol	-	-	4.440.650	-14,10	-16,63	-18,25	-14,16	-16,47	-18,17
Mandioca	26.639.013	4.373.156	5.169.601	-02,51	07,29	16,61	-03,15	13,48	21,26
Milho	42.661.677	9.955.266	4.381.791	-12,17	-15,13	-16,98	-11,98	-15,18	-17,28
Soja	52.454.640	18.470.711	2.790.265	-21,62	-29,66	-34,86	-23,59	-34,15	-41,39

Fonte: Adaptado de ASSAD & PINTO, 2008.

Diante desses agrocenários futuros cabe analisar que medidas de adaptação aos impactos da mudança do clima podem ser tomadas para reduzir a vulnerabilidade dos sistemas agrícolas. O melhoramento genético vegetal é chave na adaptação das culturas às condições de estresse. Porém, o manejo dos sistemas de produção, tais como a irrigação, a arborização para a produção de grãos e pastagens, o plantio direto e o incentivo de sistema de produção mista, bem como incentivos para a manutenção e ampliação de áreas florestadas, corredores florestais e sistemas integrados de lavoura-floresta, podem contribuir de forma mais imediata para aliviar o problema.

O fator essencial para o desenvolvimento das culturas que mais será afetado com a concretização de qualquer projeção de cenário climático futuro é a disponibilidade hídrica. Assim, desde que seja possível armazenar água de maneira eficiente para uso na irrigação das culturas, essa atividade pode ser vista também como uma das formas mais evidentes de adaptação dos sistemas de manejo das culturas face à mudança do clima.

No que tange a agricultura, no estudo “Economia da Mudança do Clima no Brasil: custos e oportunidades” (MARCOVITCH

et al., 2010) mostra-se uma análise de investimentos nessas duas alternativas de adaptação do sistema produtivo, melhoramento genético e irrigação, visando a apoiar a tomada de decisão e à definição de políticas públicas que tratem de ações de adaptação aos impactos da mudança do clima na agricultura brasileira. Como forma de se realizar uma análise de custo/benefício simplificada, considerou-se que, individualmente, as ações de melhoramento genético, ou as de irrigação, são suficientes para evitar a perda econômica vinculada à redução de área potencial de baixo risco para os cultivos, apresentada na Tabela 2.2. Dessa forma, nas Tabelas 2.3, 2.4, 2.5 e 2.6 e nas Figuras 2.1, 2.2, 2.3 e 2.4, adaptadas daquele estudo, apresenta-se uma comparação entre os custos de adaptação e as perdas que se obteriam pela redução de área adequada ao cultivo nos cenários analisados, caso se mantivessem os plantios das cultivares atualmente existentes ou, no caso da irrigação, os manejos da água adotados hoje. Na coluna “Custo/Perda” (Tabelas 2.3, 2.4, 2.5 e 2.6), apresenta-se uma noção sobre a vantagem ou não de se investir na adaptação, sendo que, quanto maior o seu valor, menos vantajoso seria o investimento.

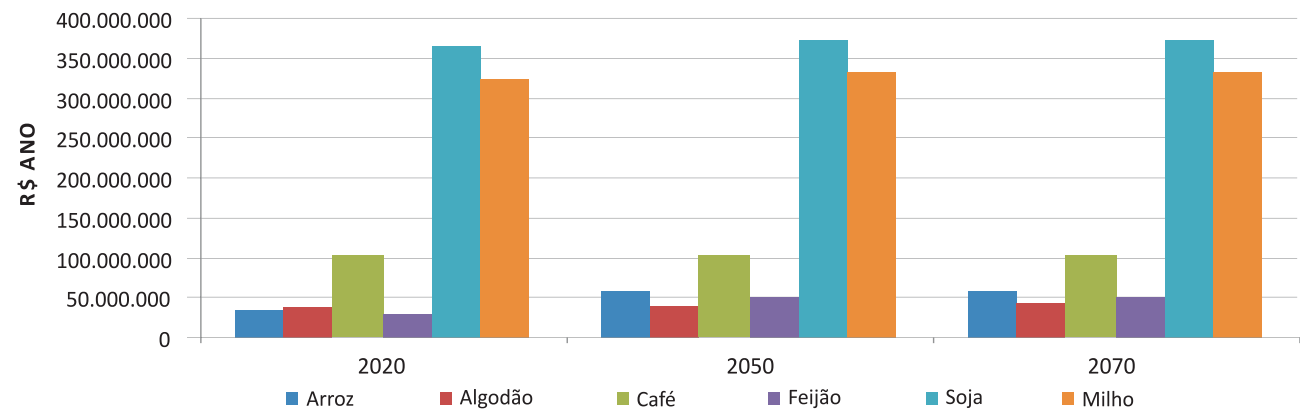
**Tabela 2.3 Custos anuais estimados para a adaptação genética de todos os cultivares registrados no MAPA para os cenários de 2020, 2050 e 2070, PRECIS RCM, cenário A2**

Culturas	PRECIS RCM A2 - 2020			PRECIS RCM A2 - 2050			PRECIS RCM A2 - 2070		
	Custo/Ano* (R\$1.000,00)	Perda/Ano** (R\$ 1.000,00)	Custo/ Perda	Custo/Ano* (R\$1.000,00)	Perda/Ano** (R\$1.000,00)	Custo/ Perda	Custo/Ano* (R\$ 1.000,00)	Perda/Ano** (R\$1.000,00)	Custo/ Perda
Arroz	34.000	417.639	8%	65.000	530.444	12%	68.000	610.958	11%
Algodão	38.000	313.422	12%	38.000	407.703	9%	44.000	456.401	10%
Café	104.000	882.463	12%	104.000	1.596.749	7%	104.000	3.073.393	3%
Feijão	27.000	155.112	17%	51.000	363.234	14%	55.000	473.165	12%
Soja	369.000	4.357.240	8%	378.000	6.307.747	6%	378.000	7.645.027	5%
Milho	328.000	1.192.640	28%	354.000	1.511.209	23%	354.000	1.720.269	21%

\*Custo estimado por ano de melhoramento da cultura.  
\*\*Perdas estimadas a partir do valor da produção e das variações apresentadas na Tabela 2.2.  
Fonte: Embrapa, 2010.



Figura 2.1 Custos anuais estimados para a adaptação genética de todos os cultivares registrados no MAPA para os cenários de 2020, 2050 e 2070, PRECIS, cenário A2



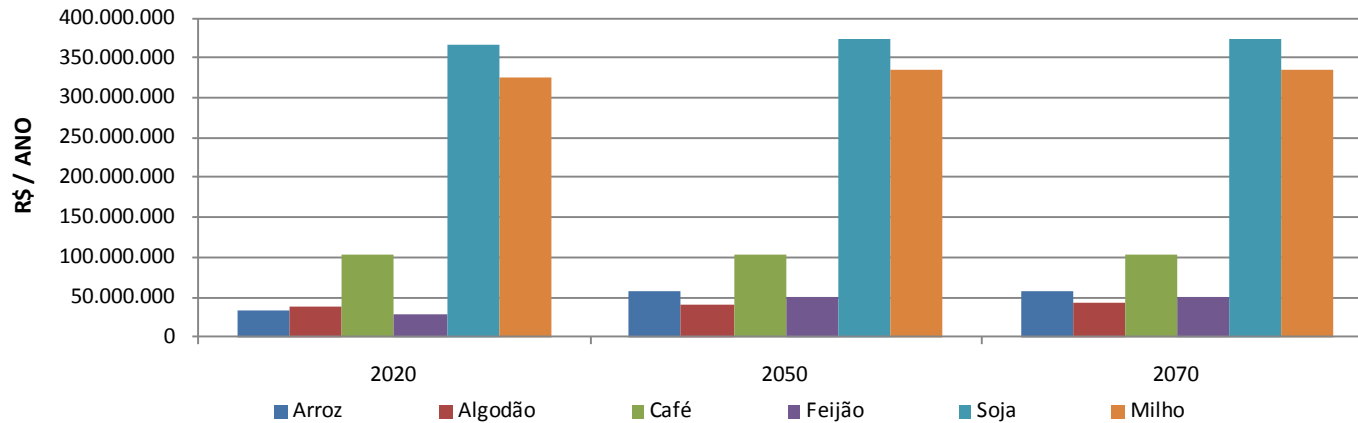
Fonte: Embrapa, 2010.

Tabela 2.4 Custos anuais estimados para a adaptação genética de todos os cultivares registrados no MAPA para os cenários de 2020, 2050 e 2070, PRECIS, cenário B2

Culturas	PRECIS RCM B2 - 2020			PRECIS RCM B2 - 2050			PRECIS RCM B2 - 2070		
	Custo/Ano* (R\$1.000,00)	Perda/Ano** (R\$1.000,00)	Custo/Perda	Custo/Ano* (R\$1.000,00)	Perda/Ano** (R\$1.000,00)	Custo/Perda	Custo/Ano* (R\$1.000,00)	Perda/Ano** (R\$1.000,00)	Custo/Perda
Arroz	34.000	368.555	9%	58.000	539.486	11%	58.000	616.125	9%
Algodão	38.000	312.572	12%	40.000	401.191	10%	43.000	444.793	10%
Café	104.000	628.458	17%	104.000	1.705.682	6%	104.000	2.570.627	4%
Feijão	28.000	154.756	18%	51.000	356.118	14%	51.000	453.598	11%
Soja	369.000	3.993.367	9%	378.000	5.478.412	7%	378.000	6.438.889	6%
Milho	327.000	1.211.555	27%	337.000	1.506.231	22%	337.000	1.690.404	20%

\*Custo estimado por ano de melhoramento da cultura.  
\*\*Perdas estimadas a partir do valor da produção e das variações apresentadas na Tabela 2.2.  
Fonte: Embrapa, 2010.

Figura 2.2 Custos anuais estimados para a adaptação genética de todos os cultivares registrados no MAPA para os cenáriosde 2020, 2050 e 2070, PRECIS, cenário B2



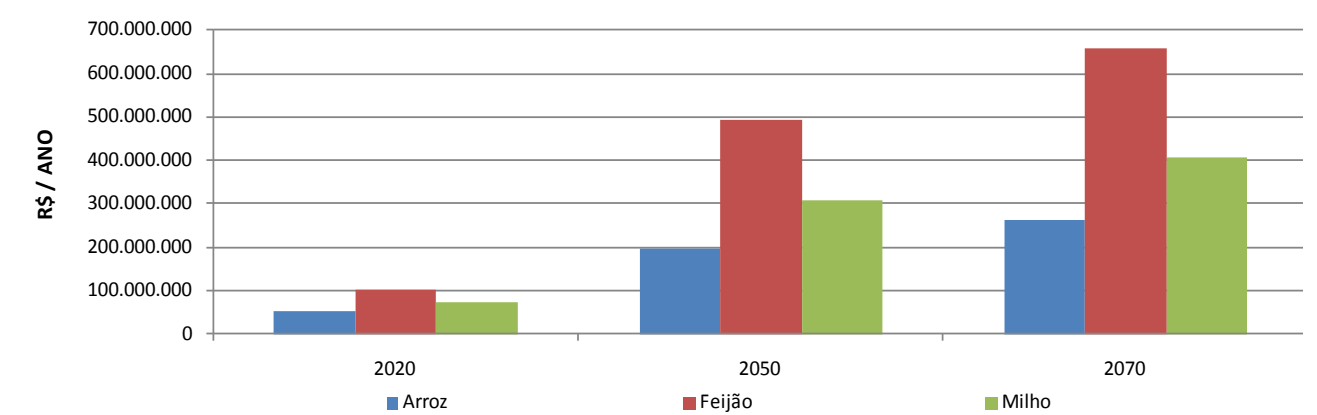
Fonte: Embrapa, 2010.

Tabela 2.5 Custos anuais estimados para a irrigação das culturas do arroz, feijão e milho nos municípios excluídos das regiões aptas nos cenários de 2020, 2050 e 2070, PRECIS, cenário A2

Culturas	PRECIS RCM A2 - 2020			PRECIS RCM A2 - 2050			PRECIS RCM A2 - 2070		
	Custo/Ano* (R\$1.000,00)	Perda/Ano** (R\$1.000,00)	Custo/ Perda	Custo/Ano* (R\$1.000,00)	Perda/Ano** (R\$1.000,00)	Custo/ Perda	Custo/Ano* (R\$1.000,00)	Perda/Ano** (R\$1.000,00)	Custo/ Perda
Arroz	56.336	417.639	13%	197.480	530.444	37%	264.173	610.958	43%
Feijão	102.358	155.112	66%	493.802	363.234	136%	660.725	473.165	140%
Milho	72.175	1.192.640	6%	309.338	1.511.209	20%	409.001	1.720.269	24%

Custo estimado por ano de irrigação da cultura.  
\*\*Perdas estimadas a partir do valor da produção e das variações apresentadas na Tabela 2.2.  
Fonte: Embrapa, 2010.

Figura 2.3 Custos anuais estimados para a irrigação das culturas do arroz, feijão e milho nos municípios excluídos das regiões aptas nos cenários de 2020, 2050 e 2070, PRECIS, cenário A2



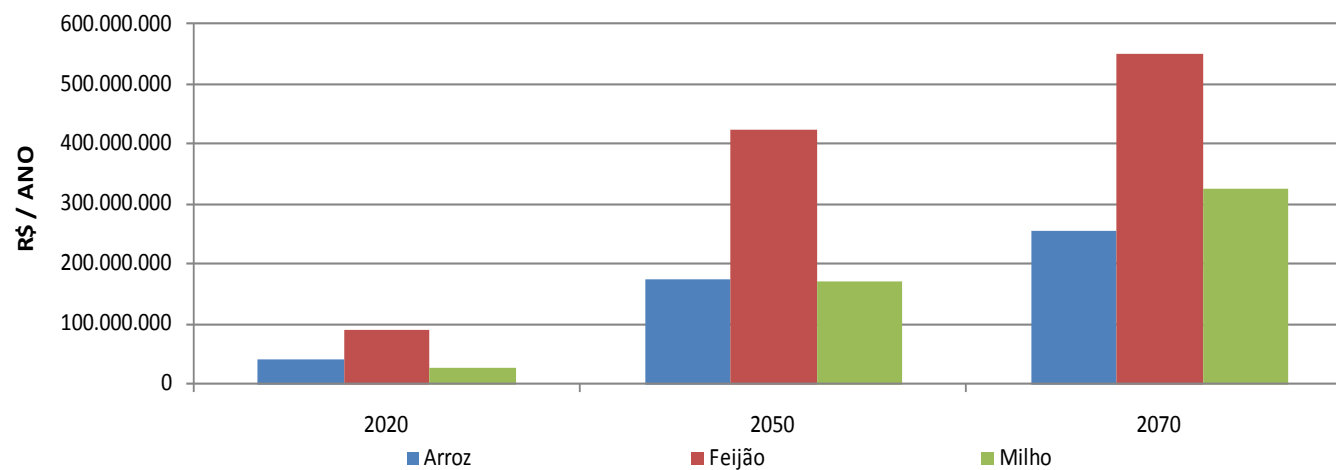
Fonte: Embrapa, 2010.

Tabela 2.6 Custos anuais estimados para a irrigação das culturas do arroz, feijão e milho nos municípios excluídos das regiões aptas nos cenários de 2020, 2050 e 2070, PRECIS, cenário B2

Culturas	PRECIS RCM B2 - 2020			PRECIS RCM B2 - 2050			PRECIS RCM B2 - 2070		
	Custo/Ano* (R\$1.000,00)	Perda/Ano** (R\$1.000,00)	Custo/ Perda	Custo/Ano* (R\$1.000,00)	Perda/Ano** (R\$1.000,00)	Custo/ Perda	Custo/Ano* (R\$1.000,00)	Perda/Ano** (R\$1.000,00)	Custo/ Perda
Arroz	40.813	368.555	11%	172.870	539.486	32%	255.380	616.125	41%
Feijão	92.152	154.756	60%	418.333	356.118	117%	544.242	435.598	120%
Milho	27.965	1.211.555	2%	170.315	1.506.231	11%	322.271	1.690.404	19%

\*Custo estimado por ano de irrigação da cultura.  
\*\*Perdas estimadas a partir do valor da produção e das variações apresentadas na Tabela 2.2.  
Fonte: Embrapa, 2010.

**Figura 2.4 Custos anuais estimados para a irrigação das culturas do arroz, feijão e milho nos municípios excluídos das regiões aptas nos cenários de 2020, 2050 e 2070, PRECIS, cenário B2**



Fonte: Embrapa, 2010.

Analisando-se as Tabelas 2.3 e 2.4 e as Figuras 2.1 e 2.2, as quais apresentam os custos da adaptação genética, percebe-se a necessidade de aportes significativos de recursos, principalmente no cenário A2 de 2020, para todas as culturas, sendo esses valores dependentes do número de cultivares.

Para todas as culturas é pequena ou nula a diferença de investimentos necessários entre os cenários A2 ou B2 e, de acordo com essas análises, um investimento em adaptação genética que atendesse as demandas dos municípios que serão afetados em 2020, já produziria 85 a 90% das cultivares necessárias aos municípios que ainda viriam a ser afetados nos outros cenários futuros. Essa afirmação não é válida para as culturas do arroz e do feijão que demandariam novos cultivares até 2050. O estudo conclui que:

- há pouco tempo para decidir em relação aos investimentos em adaptação genética da maioria das culturas, visto que a grande necessidade de cultivares dar-se-á num futuro muito breve;
- há a possibilidade de adaptação aos cenários mais distantes no tempo;
- no caso do arroz e do feijão, parte dos investimentos estimados pode ser postergado, porém não mais do que 15 ou 20 anos.

Os custos da irrigação por área, de acordo com as Tabelas 2.1 e 2.2 e as Figuras 2.3 e 2.4, variam de uma cultura para outra. Além disso, embora a perda anual de produção também seja dependente da área, incorpora as diferenças de produção por área e as diferenças dos preços de cada cultura. Isso leva a

uma variação muito grande da relação entre o custo anual da adaptação pela irrigação e a perda anual de produção. Assim, com base nessa relação, no estudo, apresentam-se as seguintes conclusões:

- a irrigação mostra-se como uma forma vantajosa de adaptação no caso do milho, que mantém valores menores ou próximos aos da adaptação genética, em torno de 20%;
- no caso do arroz, embora seja vantajoso investir na irrigação, pois o custo máximo é de 43% da produção que se perderia, há a desvantagem em relação à adaptação genética dos cultivares atualmente existentes;
- o investimento é desvantajoso no caso do feijão, pois o custo anual da irrigação é maior do que a perda anual de produção, restando a adaptação genética como única alternativa.

Em termos de ações imediatas, o que vem sendo feito são estudos de adaptação genética de plantas, notadamente soja, feijão e café, sendo que para o feijão já estão sendo comercializadas cultivares que têm maior tolerância a altas temperaturas. As instituições de pesquisa agrícola, dentre elas a Embrapa, o Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR e a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina - EPAGRI, priorizaram pesquisas na área de adaptação de plantas via melhoramento genético, procurando assim reduzir os possíveis impactos na produção agrícola em função do aumento de temperatura e da deficiência hídrica.

Outro possível impacto é a intensificação de surtos de pragas e doenças em função de alterações graduais do clima (por meio de alteração de vetores invertebrados ou aumentando estresses



de temperatura e água nas plantas) e de uma maior frequência de eventos de clima incomuns (tendência a tempo seco favorece insetos, vetores e viroses, enquanto tempo úmido favorece patógenos fúngicos e bacterianos) (ANDERSON *et al.*, 2004).

Simultaneamente aos estudos de vulnerabilidade das culturas agrícolas em função das alterações provocadas pelo aquecimento global, no projeto “Impactos das Mudanças Climáticas Globais sobre Problemas Fitossanitários - CLIMAPEST”<sup>259</sup>, vem-se estudando os efeitos da mudança do clima sobre as pragas, doenças e plantas daninhas da agricultura brasileira. Neste caso específico, são analisados os efeitos do clima futuro — na maioria dos casos negativos para a agricultura — do aumento da temperatura, concentração de CO<sub>2</sub> e raios ultravioletas, não sobre as culturas agrícolas, mas sobre seus agentes patogênicos ou espécies competidoras, ou seja, sobre os problemas fitossanitários de diversas culturas.

Existem também incertezas sobre os efeitos da mudança global do clima sobre sistemas de produção animal. Prevê-se que a produção animal na América Latina, predominantemente caracterizada pelo sistema de pastagem, seja negativamente afetada pela maior variabilidade da precipitação. O padrão sazonal de disponibilidade de água e a baixa disponibilidade de nutrientes dos solos constituem fatores limitantes nas áreas de pastagem de boa parte da região, e o já baixo valor nutricional das pastagens tropicais pode diminuir ainda mais como consequência do aumento da relação carbono/nitrogênio (ZHAO *et al.*, 2005).

Em relação ao efeito direto sobre os animais, a temperatura é o fator mais importante. O estresse ao calor influi negativamente na produção de leite e reprodução de vacas leiteiras, bem como na fertilidade de suínos (BERMAN, 1991; HAHN & MADER, 1997; HAHN, 1999, apud ZHAO *et al.*, 2005). A variação no regime de chuvas também pode afetar os animais por efeito da secagem de reservatórios e impossibilidade de fornecimento de água para consumo animal.

O Brasil, maior exportador de carne do mundo, possui um rebanho bovino predominantemente de raças zebuínas, que é um aspecto favorável em relação à termotolerância, frente a um cenário futuro de temperaturas mais elevadas. O gado zebu ou indiano (*Bos indicus*) apresenta vantagens sobre o europeu (*Bos taurus*) quanto à termotolerância, pois os animais zebuínos têm maior capacidade de regular a temperatura do corpo em condições de estresse térmico, sendo que as altas temperaturas têm menor efeito sobre as células de seu corpo, em comparação ao gado europeu. Além disso, os pelos do gado zebu têm propriedades que aumentam a perda de calor e reduzem a absorção da radiação solar (HANSEN, 2004).

259 Vide: <<http://www.macroprograma1.cnptia.embrapa.br/climapest>>.

Quanto à criação de frangos, que coloca o Brasil em segundo lugar mundial em produção, também poderá ser afetada pela mudança no clima. Os animais adultos têm desenvolvimento ótimo em temperaturas entre 18 e 20°C, e são sensíveis a altas temperaturas, com elevada mortalidade quando a temperatura ambiente excede 38°C. O estresse por calor é responsável por grandes perdas no rendimento de frangos, ocorrendo diminuição do peso corporal e aumento de mortalidade (FABRÍCIO, 1994).

O Brasil é um importante exportador de produtos agrícolas e florestais. A agricultura tende a ser mais vulnerável aos extremos hidrológicos e de temperatura, principalmente aqueles de curta duração, tais como geadas severas, chuvas de granizo, temperaturas muito elevadas e seca persistente. Um exemplo no Brasil de impactos relacionados aos eventos de enchentes e de secas prolongadas ocorreu no estado do Rio Grande do Sul, em anos recentes. Esses eventos estavam relacionados, respectivamente, aos fenômenos de *El Niño* (aquecimento das águas do Oceano Pacífico) e de *La Niña* (esfriamento das águas do Oceano Pacífico) e resultaram em perdas de safra. Pela estatística disponível para as últimas duas décadas, a cada dez safras, quatro foram afetadas por eventos de seca. A precipitação pluvial ocorrida nos três meses de verão de 2004-2005 foi inferior a 200 mm em grande parte do estado, a menor dos últimos 53 anos (BERLATO & CORDEIRO, 2005). Segundo os autores, a forte estiagem ocasionou uma quebra na safra de grãos, que no Brasil foi da ordem de 20 milhões de toneladas.

Entretanto, não se tem ainda uma dimensão adequada das consequências da mudança na frequência de eventos extremos e é preciso incrementar os esforços na avaliação dos seus efeitos sobre a agricultura e seus impactos econômicos. Além dos impactos diretos da mudança do clima, deve-se considerar também os impactos indiretos, como no caso dos efeitos de mudanças na disponibilidade de alimentos e no preço de grãos, que poderão afetar a segurança alimentar do país.

## 2.8 Prontidão para Desastres

Desastres naturais causam grande quantidade de perda de vidas humanas e de propriedades em todo o mundo. Conforme destacado no documento da primeira sessão da Plataforma Global para Redução de Riscos de Desastres, realizada em 2007, em Genebra, Suíça, 134 milhões de pessoas sofreram com desastres naturais em 2006, que custaram US\$35 bilhões em danos, incluindo secas devastadoras na China e na África e inundações extensas na Ásia e na África. Além disso, o mesmo documento destacou que, para cada dólar investido na

redução de riscos de desastres, houve economia de 4 dólares no custo futuro de reconstrução e reabilitação. Nos anos 1990 as perdas econômicas causadas por desastres foram superiores a US\$ 608 bilhões, valor este maior que aquele calculado ao longo das quatro décadas anteriores juntas (DIFD, 2006).

A vulnerabilidade das populações dos países em desenvolvimento aos desastres naturais é alta, cujas razões a ela inerentes são complexas e estão ligadas aos diferentes estágios de desenvolvimento socioeconômico dos países. Além disso, a vulnerabilidade também está associada à mudança do uso da terra e à desigualdade na distribuição de renda, que relegam às faixas populacionais de baixa renda locais de mais alto risco para moradia.

O Brasil é um país de vasta extensão territorial e relativamente populoso; logo, está sujeito a uma variedade de eventos naturais (tempestades severas, enxurradas, inundações, deslizamentos de massa em encostas, secas e estiagens, incêndios florestais, vendavais, chuva de granizo, ressacas etc.) que podem deflagrar desastres naturais. A maioria dos desastres ambientais no país está relacionada ao clima, a sua variabilidade e aos seus extremos. Frequentemente, por falta de previsões antecipadas, as ações das autoridades governamentais e da sociedade civil organizada são verificadas apenas após a ocorrência do evento deflagrador do desastre natural, isto é, procuram remediar os danos já causados por não poder preveni-los e mitigá-los de forma adequada.

Desde sua implantação no final de 1994, o CPTEC-INPE dissemina avisos e alertas meteorológicos para todo o país, quando há a previsão de algum fenômeno meteorológico extremo, com potencial de afetar adversamente a sociedade, o ambiente e a economia. O CPTEC-INPE desenvolveu como parte de sua rotina operacional, nas situações de previsão de algum fenômeno meteorológico extremo no tocante a chuvas intensas ou prolongadas, um sistema de informações de apoio à Defesa Civil. Boas previsões de tempo e de fenômenos meteorológicos extremos podem municiar ações eficazes de prevenção e mitigação dos efeitos adversos destes extremos, resultando na diminuição de perdas de vidas humanas e materiais, bem como proteção ambiental.

Além disso, o INPE vem desenvolvendo, há várias décadas, tecnologias modernas de monitoramento ambiental a partir de plataformas espaciais, que permitem, por exemplo, o levantamento de mudanças dos usos da terra e cobertura de vegetação, fator este usualmente potencializador da severidade de desastres naturais, e desenvolve igualmente a capacidade de análise otimizada destas informações por meio de técnicas de geoprocessamento de banco de dados ambientais. Recentemente, o INPE criou o Centro de Ciência do Sis-

tema Terrestre<sup>260</sup> que coordena e integra todos os esforços científicos e tecnológicos do INPE sobre desastres naturais e trata de questões interdisciplinares das complexas interações entre sistemas sociais e sistemas naturais.

A partir de 2002, o INPE, dentro da política geral do governo brasileiro de incentivar a produção de *software* livre, iniciou o desenvolvimento da biblioteca “*TerraLib*”<sup>261</sup>. A “*TerraLib*” permite a geração de aplicativos de geoprocessamento que integram dados espaciais (imagens e mapas) em sistemas gerenciadores de bancos de dados - SGBD e pode ser usada para diferentes aplicações. Um aplicativo recém criado utilizando a biblioteca “*TerraLib*” foi o Sistema de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais – Sismaden<sup>262</sup>.

A proposta do programa Sismaden é ir além do alerta meteorológico em operação no CPTEC, permitindo que qualquer usuário deste programa tenha em mãos os mesmos dados meteorológicos do CPTEC e/ou outros institutos de meteorologia, permitindo cruzar e analisar em tempo real tais dados com a vulnerabilidade da região onde o sistema está sendo utilizado (Figura 2.5).

Ademais, cabe ressaltar que o trabalho preventivo da Defesa Civil brasileira é de suma importância para a redução do número de mortes em casos de desastres. Um exemplo são os resultados obtidos com a aplicação do Plano Preventivo de Defesa Civil – PPDC, o qual tem sido operado desde 1988. Acredita-se que a utilização do PPDC propiciou à maioria das cidades envolvidas uma boa organização de seus sistemas de defesa civil e a preocupação com medidas mais definitivas de ataque ao problema de risco, tais como obras, fiscalização de áreas, planejamento da ocupação, entre outros.

Os sistemas de alerta são medidas não-estruturais eficientes para reduzir perdas sociais, principalmente quando os recursos para reduzir os riscos por meio de medidas estruturais são limitados. Nas cidades em que houve um efetivo trabalho de prevenção, não ocorreu o resultado morte (MACEDO, *et al.*, 1999). Em contrapartida, em todos os municípios onde o trabalho preventivo não foi implantado o resultado morte se verificou. De 2007 a agosto de 2010, tinham sido notificados 3.510 desastres à Secretaria de Nacional de Defesa Civil do Ministério da Integração<sup>263</sup>. Em 2010, 4.299 municípios brasileiros possuíam Coordenadorias Municipais de Defesa Civil<sup>264</sup>.

260 Vide Parte IV seção 4.7 sobre Centro de Ciência do Sistema Terrestre - CCST/INPE.

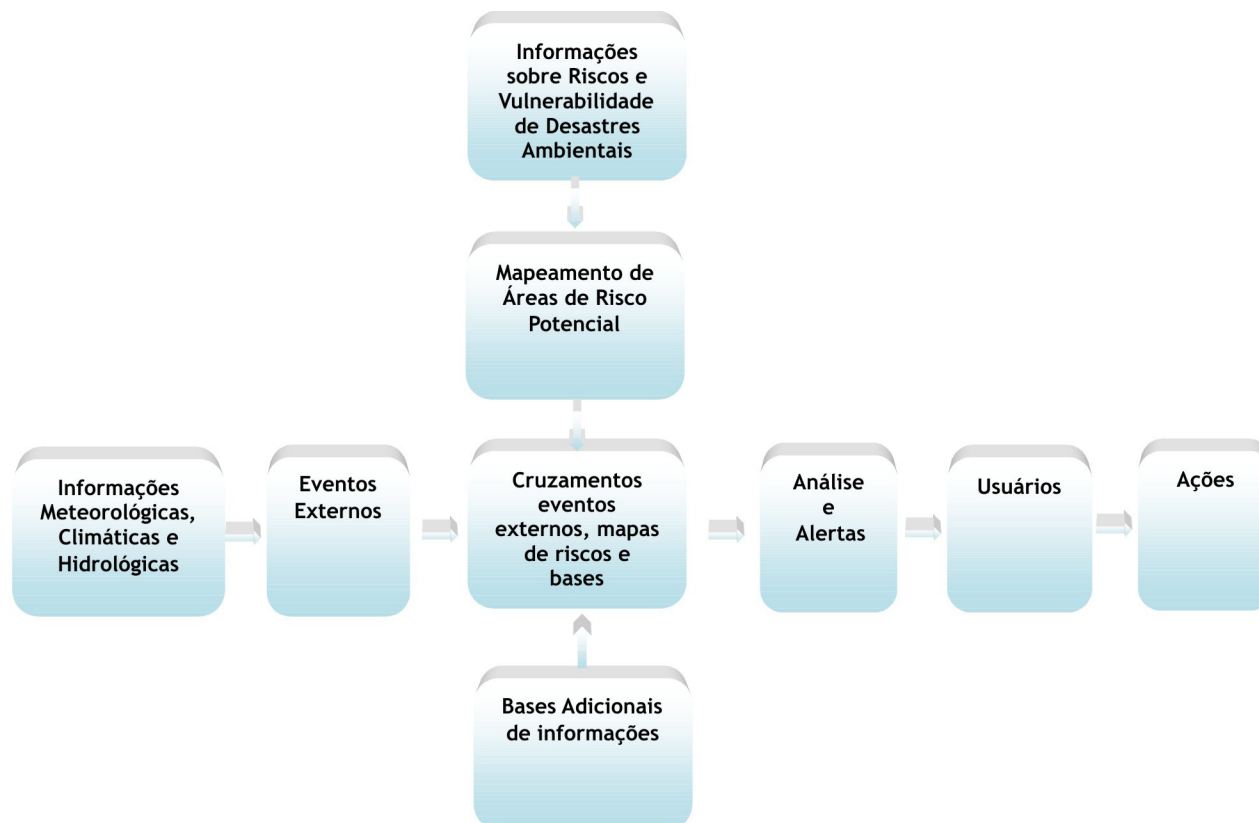
261 Vide: <<http://www.terralib.org>>.

262 Vide: <<http://www.dpi.inpe.br/sismaden>>.

263 Vide: <<http://www.defesacivil.gov.br/desastres/desastres/2009/index.asp>>.

264 Vide: <[http://www.defesacivil.gov.br/download/download.asp?endereco=/publicacoes/publicacoes/idc\\_03.pdf&nome\\_arquivo=idc\\_03.pdf](http://www.defesacivil.gov.br/download/download.asp?endereco=/publicacoes/publicacoes/idc_03.pdf&nome_arquivo=idc_03.pdf)>.

**Figura 2.5 Esquema geral do sistema de monitoramento e alerta de desastres naturais - Sismaden**



Fonte: INPE/SISMADEN, 2010.



## Referências Bibliográficas

- AGUIAR, D. A.; RUDORFF, B. F. T.; SILVA, W. F.; CARVALHO, M. A.; GOLTZ, E.; AULICINO, T. L. I. N.; BRANDÃO, D.; ADAMI, M.; SUGAWARA, L. M.; MELLO, M. P. 2010. *Relatório técnico: Monitoramento do modo de colheita da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo - ano safra 2009/2010*. São José dos Campos: INPE, 154 p.
- ANA - Agência Nacional de Águas, 2006. *Atlas Nordeste: abastecimento urbano de água: alternativa de oferta de água para as sedes municipais da Região Nordeste do Brasil e do norte de Minas Gerais*. Brasília.
- ANDERSON, P. K. et al., 2004. Emerging infectious diseases of plants: pathogen pollution, climate change and agro technology drivers. *Trends in Ecology and Evolution*. 19(10): 535-544.
- Anfavea - Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. 2000. *Anuário da Indústria Automobilística Brasileira, 2000*. São Paulo. 163 p.
- \_\_\_\_\_, 2009. *Anuário da Indústria Automobilística Brasileira, 2009*. São Paulo. 175 p.
- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/>>. Acesso em: 31 ago 2010.
- \_\_\_\_\_. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas\\_par2\\_cap4.pdf](http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas_par2_cap4.pdf)>. Acesso em: 31 ago 2010.
- \_\_\_\_\_. Disponível em: < [http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas\\_par2\\_cap5.pdf](http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas_par2_cap5.pdf) >. Acesso em: 31 ago 2010.
- ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2008. *Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis*. Rio de Janeiro. 214p.
- \_\_\_\_\_, 2009a. *Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis*. Rio de Janeiro. 225p.
- \_\_\_\_\_, 2010a. <<http://www.anp.gov.br/?pg=17680&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&cachebu st=1281537505937>>. Acesso em: 5 ago 2010.
- \_\_\_\_\_, 2010b. *Reservas nacionais de petróleo e gás natural*. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=4222>>. Acesso em: 31 ago 2010>.
- \_\_\_\_\_, 2010c. *Produção nacional de gás natural*. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=31906&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&cachebu st=1280592869921>>. Acesso em: 31 ago 2010.
- ANTP - Associação Nacional de Transportes Públicos, 2008. *Relatório Geral de Mobilidade Urbana - 2008*. Disponível em: <<http://portal1.antp.net/site/simob/Lists/rlt-grl08/rltgrl08menu.aspx>>. Acesso em: 21 jun 2010.
- \_\_\_\_\_, 2010. Disponível em: <<http://www.antt.gov.br/passageiro>>. Acesso em: 20 jun 2010.
- ASSAD E.; PINTO H. S., 2008. *Aquecimento Global e a Nova Geografia da Produção Agrícola no Brasil*. São Paulo: EM-BRAPA-CEPAGRI/UNICAMP. 82p.
- BAETTIG, M.; WILD, M.; IMBODEN, D. M., 2007. A climate change index: where climate change may be most prominent in the 21st century. *Geophysical Research Letters*, v. 34.
- BANCO MUNDIAL, 2005. *Drought in the Amazon: scientific and social aspects - report of a World Bank Seminar*. Brasília.
- BERLATO, M. A.; CORDEIRO, A. P. A., 2005. Variabilidade climática e agricultura do Rio Grande do Sul, p.43-59. In: FEDERAÇÃO DOS CLUBES DE INTEGRAÇÃO E TROCA DE EXPERIÊNCIA-FEDERACITEA, 2005. *As estiagens e as perdas na agricultura: fenômeno natural ou imprevisibilidade?* Porto Alegre: Gráfica Porto Alegre.
- BIODIESEL - Portal do Biodiesel. *Anuário da Indústria de Biodiesel no Brasil 2004-2009*. Disponível em:<<http://www.biodieselbr.com/biodiesel/social/aspectos-sociais.htm>>. Acesso em: 5 ago 2010.
- BRASIL, 2004. PPCDAM - *Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal*. Brasília. 156 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Produção e Agroenergia, 2009a. *Anuário estatístico da agroenergia*. Brasília: Mapa. 160p.
- BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia, Ministério das Relações Exteriores, Ministério do Meio Ambiente, Ministério de Minas e Energia, Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, 2008. *Contribuição do Brasil para evitar a Mudança do Clima*. Brasília. 73 p.

BRASIL – Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética, 1986. *Balanço energético nacional 1986: ano base 1985*. Rio de Janeiro: EPE.

\_\_\_\_\_. Empresa de Pesquisa Energética, 1990. *Balanço energético nacional 1990: ano base 1989*. Rio de Janeiro: EPE.

\_\_\_\_\_. Empresa de Pesquisa Energética, 2001. *Balanço energético nacional 2001: ano base 2000*. Rio de Janeiro: EPE.

\_\_\_\_\_. Empresa de Pesquisa Energética, 2005. *Balanço energético nacional 2005: ano base 2001*. Rio de Janeiro: EPE.

\_\_\_\_\_. Empresa de Pesquisa Energética, 2007. *Balanço energético nacional 2007: ano base 2006*. Rio de Janeiro: EPE. 192p.

\_\_\_\_\_. Empresa de Pesquisa Energética, 2008. *Balanço energético nacional 2008: ano base 2007*. Rio de Janeiro: EPE. 244p.

\_\_\_\_\_. Empresa de Pesquisa Energética, 2009b. *Balanço energético nacional 2009: ano base 2008*. Rio de Janeiro: EPE. 276 p.

\_\_\_\_\_. Empresa de Pesquisa Energética, 2010. *Balanço energético nacional 2010: ano base 2009. Dados Preliminares*. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/BENResultadosPreliminares2010.aspx>>.

CEDEPLAR-UFMG/FIOCRUZ - CENTRO DE DESENVOLVIMENTO E PLANEJAMENTO REGIONAL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS/ FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ, 2008. *Mudanças Climáticas, Migrações e Saúde: Cenários para o Nordeste Brasileiro, 2000-2050*. Relatório de Pesquisa (Research Report). Belo Horizonte: CEDEPLAR/FIOCRUZ.

CEPAL - Comissão Econômica para a América Latina, 2009. *La Economía del Cambio Climático en América Latina - Síntesis 2009*. Disponível em: <[http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/destaques/01\\_La\\_economia\\_del\\_cambio\\_climatico\\_-\\_Sintesis\\_2009.pdf](http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/destaques/01_La_economia_del_cambio_climatico_-_Sintesis_2009.pdf)>. Acesso em: 10 set. 2010. Cetesb - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em 14 jul 2010.

Cempre – Compromisso Empresarial para Reciclagem. Disponível em: <<http://www.cempre.org.br/>>. Acesso em 14 jul 2010.

CGEE - Centro de Gestão de Estudos Estratégicos, 2008. *Mudança do Clima no Brasil: vulnerabilidade, impactos e adaptação*. In: CGEE. *Parcerias Estratégicas*, v. 27. Brasília: CGEE. Disponível em: <<http://www.cgee.org.br/parcerias/p27.php>>. Acesso em: 08 set. 2010.

\_\_\_\_\_, 2009. *Bioetanol combustível: uma oportunidade para o Brasil*. Brasília. 538 p.

CHOU, S. C.; MARENGO, J.; LYRA, A.; SUEIRO, G.; PESQUEIRO, J.; ALVES, L. M.; KAY, G.; BETTS, R.; CHAGAS, D.; GOMES, J. L.; BUSTAMANTE, J.; TAVARES, P., 2010. Downscaling of South America present climate driven by 4-member HadCM3 runs. *Climate Dynamics* (submitted).

CIM - Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima, 2008. *Plano Nacional sobre Mudança do Clima*. Brasília.

CNT - Confederação Nacional dos Transportes, 2009. *Boletim estatístico CNT, 2009*. Disponível em: <<http://www.cnt.org.br/portal/img/arquivos/Boletim%20Estatistico%20CNT%20-%202009.pdf>>. Acesso em: 20 jun 2010.

COCHRANE M. A., 2003. Fire science for rainforests. *Nature Magazine*. 421: 913-919.

COCHRANE, M. A.; LAURANCE, W. F., 2002. Fire as a large-scale edge effect in Amazonian forests. *Journal of Tropical Ecology*. 18: 311-325.

COELHO-ZANOTTI, M.S.S., 2007. *Uma análise estatística com vistas à previsibilidade de internação por doenças respiratórias em função das condições meteorológicas na cidade de São Paulo*. Tese de Doutorado. São Paulo: Instituto de Astronomia Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo.

CONFALONIERI, U. E. C., 2008. Mudança climática global e saúde humana no Brasil. In: CGEE. *Parcerias Estratégicas*. Brasília, 27: 323-350.

CONFALONIERI, U. E. C.; MARINHO, D. P., 2007. *Mudança climática global e saúde: perspectivas para o Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: Instituto Pereira Passos. 19p.

CONFALONIERI, U. E. C.; MARINHO, D. P.; RODRIGUEZ, R.E.R., 2009. Public Health Vulnerability to Climate Change in Brazil. *Climate Research*. 40:175-186.

- CONPET - Programa Nacional de Racionalização do Uso de Derivados de Petróleo e do Gás Natural. Disponível em: <<http://www.conpet.gov.br/>>.
- COSTA, M. H. *et al.*, 2007. Climate change in Amazonia caused by soybean cropland expansion, as compared to caused by pastureland expansion. *Geophys. Res. Lett.*, v. 34.
- DFID-UK - Department for International Development (United Kingdom), 2006. *Reducing the risk of disasters - helping to achieve sustainable poverty reduction in a vulnerable world*. London: DFID. 36p.
- ELETRORBRAS - Centrais Elétricas Brasileiras S.A. & PROCEL - Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica. 1998. *Resultados do Procel 1997 Economia de Energia e Redução na Ponta*. Rio de Janeiro.
- \_\_\_\_\_. *Avaliação dos Resultados do Procel 2007*. Rio de Janeiro, 2008. 191 p.
- ELETRORBRAS - Centrais Elétricas Brasileiras, 2007. *Sistema de informação do potencial hidrelétrico brasileiro*. Rio de Janeiro: SIPOT.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2008. *Programa Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento da Agropecuária*. Brasília: Pronapa.
- \_\_\_\_\_. *Impactos das Mudanças Climáticas Globais sobre Problemas Fitossanitários*. Disponível em: <<http://www.macroprograma1.cnptia.embrapa.br/climatepest>>. Acesso em: 12 set. de 2010.
- \_\_\_\_\_. *Simulação de cenários agrícolas futuros a partir de projeções de mudanças climáticas regionalizadas*. Disponível em: <<http://www.macroprograma1.cnptia.embrapa.br/scaf>>. Acesso em: 12 set. 2010.
- EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2010a. *Plano decenal de energia 2010 - 2019*. Rio de Janeiro: EPE. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/PDEE/Forms/EPEEstudo.aspx>>. Acesso em: 30 ago 2010.
- \_\_\_\_\_, 2010b. *Plano Nacional de Energia*. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/PNE/Forms/empreendimento.aspx>>. Acesso em 3 mai 2010.
- FABRICIO, J. R., 1994. *Influência do estresse calórico no rendimento da criação de frangos de corte*, p.129-136. In: Conferência APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, Santos. Campinas: FACTA, Anais da Conferência.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2005. *Forest resources assessment*. Disponível em: <[www.fao.org/forestry](http://www.fao.org/forestry)>. Acesso em: 04 nov. 2009.
- FINANÇAS SUSTENTÁVEIS. Disponível em <<http://www.financassustentaveis.com.br/contexto.asp>>. Acesso em: 08 jul 2010.
- FREITAS, M. A. V., 2003. Hidroeletricidade no Brasil: perspectivas de desenvolvimento e sustentabilidade, p.49-63. In: ANA - Agência Nacional de Águas; MMA - Ministério do Meio Ambiente; OMM - Organização Meteorológica Mundial; BIRD - Banco Mundial. *O Estado das Águas no Brasil*. Brasília.
- FREITAS, M. A. V.; SOITO, J. L. S., 2008. Energia e recursos hídricos: vulnerabilidade, impactos e possibilidades de adaptação da geração de energia hidrelétrica no Brasil às mudanças climáticas globais. In: CGEE. *Parcerias Estratégicas*. Brasília, 27: 177-216.
- FUNAI - Fundação Nacional do Índio. *Terras Indígenas*. Disponível em: <<http://www.funai.gov.br/indios/terras/conteudo.htm#atual>>. Acesso em 29 jun 2010.
- GEF - Global Environment Facility. 2010. Disponível em: <<http://www.gefonline.org/projectDetailsSQL.cfm?projID=338>>. Acesso em 06 set de 2010.
- HACON, S. S., 2000. Exposure to mercury in pregnant women from Alta Floresta - Amazon Basin, Brazil. *Environmental Research*, USA, v. 84, p. 204-210.
- HACON, S. S.; ROCHEDO, E.; CAMPOS, R. C.; LACERDA, L. D., 1997. Mercury exposure through fish consumption in the urban area of Alta Floresta in the Amazon Basin. *Journal of Geochemical Exploration*, Netherlands, v. 58, p. 209-216.
- HANSEN, P. J., 2004. Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to thermal stress. *Animal Production Science*. (82-83): 349-360.
- IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis, 1998. *Programa de Prevenção e Controle às Queimadas e aos Incêndios Florestais no Arco de Desflorestamento "PROARCO"*. IBAMA, Brasília, 49 p.
- \_\_\_\_\_, 2002. *Geo Brazil 2002. Perspectivas do Meio Ambiente no Brasil*. Brasília: IBAMA. 54 p.
- \_\_\_\_\_. *Proarco*. Disponível em: <<http://www2.ibama.gov.br/proarco/index0.htm>>. Acesso em 23 de junho de 2010.

- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2004. *Geociências*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomas.shtm>>. Acesso em 02 de junho de 2010.
- ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. *Unidades de Conservação*. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/menu/unidades-de-conservacao>>. Acesso em 13 de abril de 2010.
- IEA, 2004. *Biofuels for Transport: an International Perspective*. Disponível em: <<http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2004/biofuels2004.pdf>>. Acesso em: 4 ago 2010.
- INB – Indústrias Nucleares do Brasil. *Reservas de urânio – Brasil e mundo*. Disponível em: <[http://www.inb.gov.br/inb/WebForms/Interna2.aspx?secao\\_id=48](http://www.inb.gov.br/inb/WebForms/Interna2.aspx?secao_id=48)>. Acesso em: 23 jul 2010.
- Inmetro – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/>>. Acesso em: 2 ago 2010.
- INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. *Deter*. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/deter>>. Acesso em 23 de junho de 2010.
- \_\_\_\_\_. *Monitoramento de focos*. Disponível em: <<http://sigma.cptec.inpe.br/queimadas/>>. Acesso em 23 de junho de 2010.
- \_\_\_\_\_. *Prodes Taxas Anuais*. Disponível em: <[http://www.obt.inpe.br/prodes/prodes\\_1988\\_2009.htm](http://www.obt.inpe.br/prodes/prodes_1988_2009.htm)>. Acesso em 21 de junho de 2010.
- \_\_\_\_\_. *Prodes*. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes>>. Acesso em 23 de junho de 2010.
- \_\_\_\_\_. *Relatório de Clima do INPE*. Disponível em: <<http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 08 set. 2010.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007. *Climate Change 2007: the physical science basis*. Contribuição do Grupo de Trabalho I para o Quarto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima. Genebra.
- \_\_\_\_\_. 2007. *Climate Change 2007: climate change impacts, adaptation and vulnerability*. Contribuição do Grupo de Trabalho II para o Quarto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima. Genebra.
- JENKINS, B., 1994. *Atmospheric pollutant emission factor from open burning of sugar cane by wind tunnel simulation*. Final report. Davis, CA: University of California.
- KRUG, T., 2008. Impacto, vulnerabilidade e adaptação das florestas à mudança do clima. In: CGEE. *Parcerias Estratégicas*. Brasília, 27: 43-72.
- LACERDA, L. D.; PARAQUETTI, H. H. M.; MARINS, R. V.; MOU- NIER, S.; FREVIER, D.; BENAİM, J., 2001. Mercury distribution and reactivity in waters of a sub-tropical coastal lagoon, Sepetiba Bay, SE, Brazil. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, SBQ, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 93-98.
- LIMA, M. A.; ALVES, B. J. R., 2008. Vulnerabilidades, impactos e adaptação à mudança do clima no setor agropecuário e solos agrícolas. In: CGEE. *Parcerias Estratégicas*. Brasília, 27: 73-112.
- LOMBARDO, M. A., 1985. *Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo*. São Paulo: HUCITEC.
- Luz para Todos – Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica. Disponível em: <[http://luzparatodos.mme.gov.br/luzparatodos/Asp/o\\_programa.asp](http://luzparatodos.mme.gov.br/luzparatodos/Asp/o_programa.asp)>.
- MACEDO, E.S.; OGURA, A.T.; SANTORO, J., 1999. *Defesa Civil e escorregamentos: o Plano Preventivo do Litoral Paulista*. In: 9º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia. São Pedro: ABGE, Boletim de Resumos. p. 83.
- MACEDO, I. C. & SEABRA, J.E.A.. 2008. Mitigation of GHG Emissions using sugarcane bioethanol. In: Zuurbier, P. e Vooren, J. (eds.). *Sugarcane Ethanol: Contributions to Climate Change Mitigation and the Environment*. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, Holanda, pp. 95 a 111. Disponível em: <http://www.unica.com.br/download.asp?mmdCode=C3A4273A-6039-4A9C-B83E-64201303BCFD>
- MACEDO, I. C.; SANTOS, M. M.; SANTOS, D. M.. 2004. Prospecção em ciência, tecnologia e inovação: a abordagem conceitual e metodológica do CGEE e sua aplicação para os setores de recursos hídricos e energia. *Parcerias Estratégicas*, Brasília, v. 18.
- MACEDO, I. C.; SEABRA, J. E. A.; SILVA, J. E. 2008. Green house gases emissions in the production and use of ethanol from sugar cane in Brazil: the 2005/2006 averages and a prediction for 2020. *Biomass & Bioenergy*, v. 32, p. 4.



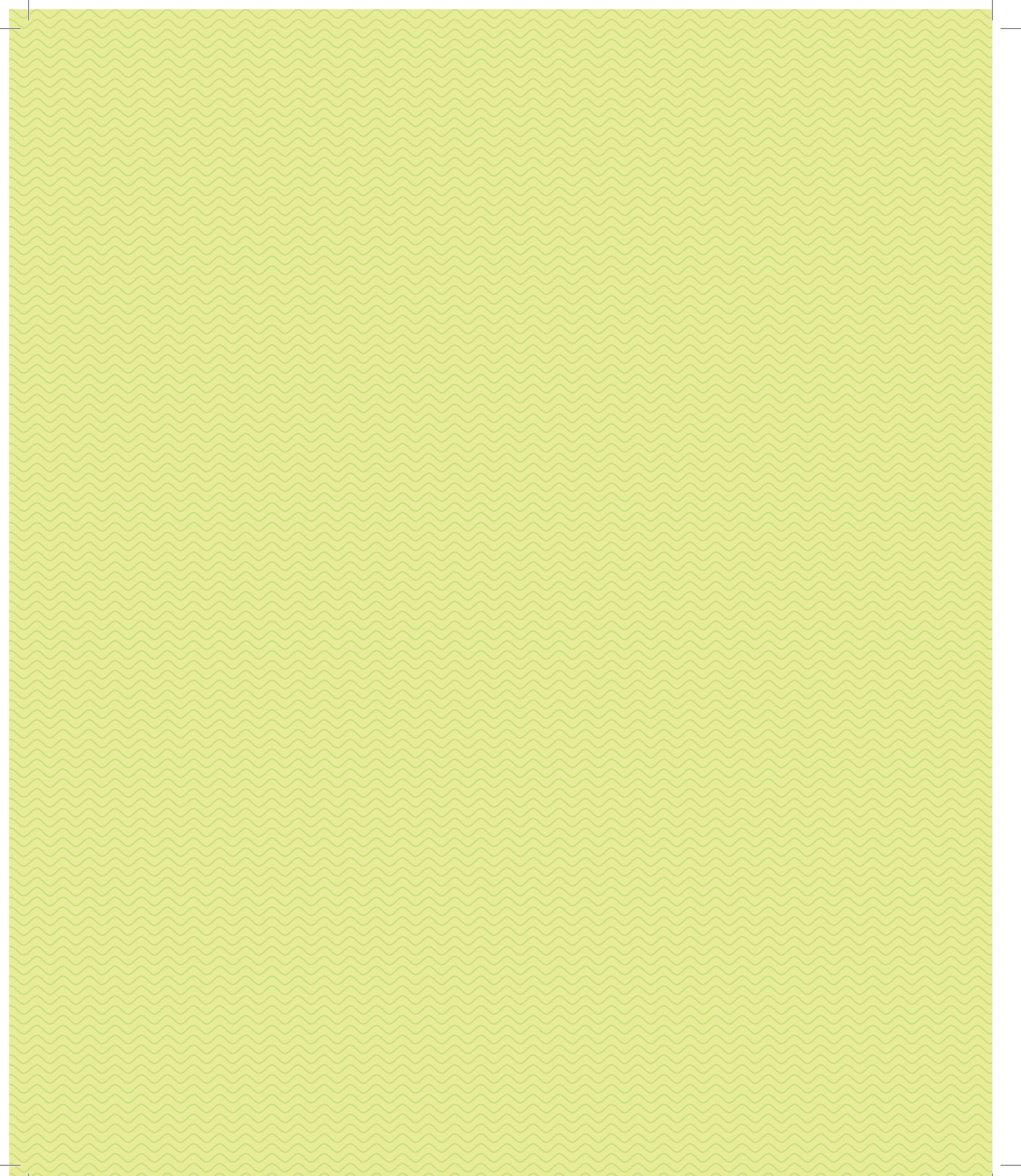
- MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Monitoramento Agrometeorológico da Região Sudeste*. Disponível em: <<http://www.agritempo.gov.br/>> Acesso em: 12 set. 2010.
- MARCOVITCH, J. (coord.) et al., 2010. *Economia da Mudança do Clima no Brasil: custos e oportunidades*. São Paulo: IBEP Gráfica. p82. Disponível em: <[http://www.economia-doclima.org.br/files/biblioteca/Economia\\_do\\_clima.pdf](http://www.economia-doclima.org.br/files/biblioteca/Economia_do_clima.pdf)>. Acesso em: 12 set 2010.
- MARENGO, J. A., 2006. Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. *Biodiversidade* 26. Brasília: MMA.
- \_\_\_\_\_, 2007. Cenários de Mudanças Climáticas para o Brasil em 2100. *Ciência e Ambiente*. 34: 100-125.
- \_\_\_\_\_, 2008. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semi-árido do Brasil. In: CGEE. *Parcerias Estratégicas*. Brasília, 27: 149-176.
- MARENGO J. A.; SILVA DIAS M., 2007. Mudanças climáticas globais e seus impactos nos recursos hídricos In: *Águas Doces no Brasil - capitais ecológicas usos múltiplos, exploração racional e conservação*. 3 ed. São Paulo: IEA/USP. p. 63-109.
- MARENGO, J. A.; AMBRIZZI, T.; ROCHA, R. P.; ALVES, L. M.; CUADRA, S. V.; VALVERDE, M. C.; FERRAZ, S. E. T.; TORRES, R. R.; SANTOS D. C., 2009. Future change of climate in South America in the late XXI Century: Intercomparison of scenarios from three regional climate models. *Climate Dynamics*.
- MARENGO, J. A.; CHOU, S. C.; ALVES, L.; SOARES, W.; PESQUERO, J.; SANTOS, D.; KAY, G; BETTS, R.; LYRA, A; SUEIRO, G; CHAGAS, D.; GOMES, J. L.; BUSTAMANTE, J.; TAVARES, P., 2010. Development of regional future climate change scenarios in South America using the Eta CPTec/HadCM3 climate change projections: Climatology and regional analyses for the Amazon, São Francisco and the Parana River Basins. *Climate Dynamics* (submitted).
- MARENGO, J. A.; NOBRE, C.; TOMASELLA, J.; OYAMA, M.; SAMPAIO, G.; CAMARGO, H.; ALVES, L.; OLIVEIRA, R., 2008. The drought of Amazonia in 2005. *Journal of Climate*. 21: 495-516.
- MCT - Ministério da Ciência e Tecnologia, 2007. *Análise da vulnerabilidade da população brasileira aos impactos sanitários das mudanças climáticas*. Brasília.
- \_\_\_\_\_, 2008. *Plano Plurianual 2008-2011. Orientações Estratégicas do Ministério da Ciência e Tecnologia*. 61 p.
- \_\_\_\_\_, 2009. *Informativo da Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento*. 120p.
- \_\_\_\_\_. *Sistema de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais - Sismaden*. Disponível em <http://www.dpi.inpe.br/sismaden>>. Acesso em: 12 out. 2010.
- \_\_\_\_\_. *Mecanismo de Desenvolvimento Limpo*. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/4007.html>. Acesso em: 02 set. 2010
- \_\_\_\_\_. *Mudanças Climáticas*. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/77650.html>>. Acesso em: 02 set. 2010
- MEIRA FILHO, L.G. & MACEDO, I. C. 2010. Contribuição do Etanol para a Mudança do Clima. In: Sousa e Macedo (org.) 2010. *"Etanol e Bioeletricidade: A Cana-de-Açúcar no Futuro da Matriz Energética"*. São Paulo. 315 p. Disponível em: <http://www.unica.com.br/download.asp?mmdCode=075B111F-8958-4E7A-9096-75CB07EFFAC6>
- MI/SEDEC - Ministério da Integração/Secretaria Nacional de Defesa Civil. *Desastres Notificados à SEDEC/MI*. Disponível em: <<http://www.defesacivil.gov.br/desastres/desastres/2009/index.asp>>. Acesso em: 12 set. 2010.
- \_\_\_\_\_. Disponível em:<[http://www.defesacivil.gov.br/download/download.asp?endereco=/publicacoes/publicacoes/idc\\_03.pdf&nome\\_arquivo=idc\\_03.pdf](http://www.defesacivil.gov.br/download/download.asp?endereco=/publicacoes/publicacoes/idc_03.pdf&nome_arquivo=idc_03.pdf)>. Acesso em: 12 set. 2010.
- MMA - Ministério do Meio Ambiente, 2006. Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade. In: *Mudanças Climáticas e possíveis alterações nos Biomas da América do Sul (Relatório 6)*. São Paulo: MMA.
- \_\_\_\_\_, 2009a. *Plano de Qualidade do Ar - Volume 1: Subsídios para a 1ª Conferência Nacional de Saúde Ambiental*. 155p.
- \_\_\_\_\_, 2009b. *Compromisso pela Qualidade do Ar e Saúde Ambiental*. 19p.
- \_\_\_\_\_, 2010. *1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários*. Sumário

- Executivo*, 26p. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/182/\\_arquivos/inventarioveicular\\_05042010\\_182.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/182/_arquivos/inventarioveicular_05042010_182.pdf)>. Acesso em: 20 jun 2010.
- \_\_\_\_\_. *Agenda 21*. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=18>>. Acesso em: 20 jun 2010.
- MME – Ministério de Minas e Energia, 2007. *Plano nacional de energia 2030*. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/mme/menu/todas\\_publicacoes.html](http://www.mme.gov.br/mme/menu/todas_publicacoes.html)>. Acesso em: 14 jul 2010.
- \_\_\_\_\_. *Resenha energética brasileira – exercício de 2009 (preliminar)*. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/publicacoes/BEN/3\\_-\\_Resenha\\_Energetica/Resenha\\_Energetica\\_2009\\_-\\_PRELIMINAR.pdf](http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/publicacoes/BEN/3_-_Resenha_Energetica/Resenha_Energetica_2009_-_PRELIMINAR.pdf)>. Acesso em: 14 jul 2010.
- \_\_\_\_\_. *Energia Elétrica*. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/see/noticias/destaque1/destaque\\_0005.html](http://www.mme.gov.br/see/noticias/destaque1/destaque_0005.html)>. Acesso em 7 jul 2010.
- \_\_\_\_\_. *Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE / Eficiência Energética*. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/spe/menu/programas\\_projetos/programa\\_brasileiro\\_etiquetagem.html](http://www.mme.gov.br/spe/menu/programas_projetos/programa_brasileiro_etiquetagem.html)>. Acesso em 7 jul 2010.
- NAE - Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, 2005. *Mudança do Clima. Cadernos NAE*, v. 1. Brasília.
- NAKICENOVIC, N.; DAVIDSON, O.; DAVIS, G.; GRUBLER, A.; KRAM, K.; LEBRE LA ROVERERE, E.; METZ, B.; MORITA, T.; PEPPER, W.; PITCHER, H.; SANKOVSKI, A.; SHUKLA, P.; SWART, R.; WATSON, R.; ZHOU, D., 2000. *Special Report on Emissions Scenarios: summary for policy makers*. Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva.
- NEVES, C. F.; MUEHE, D., 2008. Vulnerabilidade, impactos e adaptação às mudanças do clima: a zona costeira. In: CGEE. *Parcerias Estratégicas*. Brasília, 27: 217-296.
- NOBRE, C.A.; SELLERS, P.J.; SHUKLA, J., 1991. *Amazonian deforestation and regional climate change*. *Journal of Climate*. 4: 957-988.
- NOBRE, C. A.; SALAZAR, L.; VALERIANO, D.; FIDALGO, E.; SCARANO, F. R., 2008. *Mudanças climáticas e possíveis alterações nos biomas da Mata Atlântica do Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro. Disponível em: <[www.ambiente.rj.gov.br/pages/sup\\_clim\\_carb/downloads/mata\\_atlantica.pdf](http://www.ambiente.rj.gov.br/pages/sup_clim_carb/downloads/mata_atlantica.pdf)>. Acesso em: 03 nov. 2009.
- NOBRE, C. A.; SAMPAIO, G.; SALAZAR, L., 2008. Cenários de mudança climática para a América do Sul para o final do século 21. In: CGEE. *Parcerias Estratégicas*. Brasília, 27: 19-42.
- NOBRE, C.; YOUNG, F.; SALDIVA, P.; MARENGO, J. A.; NOBRE, A. D.; ALVES, S. Jr.; COSTA MOREIRA DA SILVA, G., LOMBARDO, M., 2010. *Vulnerabilidades das Megacidades Brasileiras às Mudanças Climáticas: Região Metropolitana de São Paulo, Sumário Executivo*. São Paulo: CCST/INPE, NEPO/UNICAMP, USP, IPT, UNESP. 32p.
- NOBRE, P. et al., 2006. Seasonal-to-decadal predictability and prediction of South American climate. *Journal of Climate*. 19: 5988-6004.
- NOGUEIRA, L. A. H. & LORA, E.E.S., 2000. *Dendroenergia: fundamentos e aplicações*. Brasília, DF: ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. 144 p.
- PESQUERO, J. F.; CHOU, S. C.; NOBRE, C.A.; MARENGO, J. A., 2009. Climate Downscaling over South America for 1961-1970 using the Eta Model (Downscaling do Clima na América do Sul para o período 1961-1970 com o uso do modelo Eta). *Theoretical and Applied Climatology*.
- PICCININI, M., 1994. Conservação de energia na indústria; as políticas adotadas na época da crise energética. *Revista do BNDES*. Rio de Janeiro.
- PNLT – *Plano Nacional de Logística e Transportes*, 2007. Disponível em: <<http://www.transportes.gov.br/pnlt/index.htm>>. Acesso em: 5 jun 2007.
- PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, 2000. *Atlas do desenvolvimento humano no Brasil 2000*. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/atlas/>>.
- REAL, M. V.; TORRACA, N.; RIBEIRO, S. K.; BALASSIANO, R., 2004. *Estruturação de um banco de dados para o planejamento energético do setor transportes*. Anais do Congresso II Rio de Transportes. Rio de Janeiro.
- 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, W. C., 2008. Impactos das mudanças climáticas em cidades no Brasil. In: CGEE. *Parcerias Estratégicas*. Brasília, 27: 297-321.

- RODRIGUES, A. S. L. *et al.*, 2009. Boom-and-Bust Development Patterns Across the Amazon Deforestation Frontier. *Science*, v. 324, p. 1435.
- ROSA, L. P.; SCHECHTMAN, R., 1996. Avaliação de custos ambientais da geração termoeletrica: inserção de variáveis ambientais no planejamento da expansão do setor elétrico. Rio de Janeiro: ENERGE, *Cadernos de Energia* n° 9, v.II.
- ROSMAN, P. C. C.; KLEIN, A.; NEVES, C.; MUEHE, D.; CARVALHO, J.; ARAÚJO, M., 2010. *Vulnerabilidades da zona costeira brasileira às mudanças Climáticas. Economia da Mudança do Clima no Brasil: Custos e Oportunidades*. São Paulo: IBEP Gráfica. p.38-39.
- RUDORFF, B. F. T.; AGUIAR, D. A. A.; SILVA, W. F.; SUGAWARA, L. M.; ADAMI, M.; MOREIRA, M. A. , 2010. Studies on the rapid expansion of sugarcane for ethanol production in São Paulo State (Brazil) using LANDSAT data. *Remote Sensing*. 2(4): 1058-1076.
- RYLANDS, A. B., BRANDON, K., 2005. Unidades de conservação brasileiras: desafios e oportunidades. *Megadiversidade*, Belo Horizonte, 1 (1): 7-13.
- SALAZAR, L.; NOBRE, C.; OYAMA, M., 2007. Climate change consequences on the biome distribution in tropical South America. *Geophysical Research Letters*, v. 34.
- SALDIVA, P. H. N. *et al.*, 1992. Respiratory alterations due to urban air pollution: an experimental study rats. *Environ. Res.* 57: 19-33.
- SAMPAIO, G. *et al.*, 2007. Regional climate change over eastern Amazonia caused by pasture and soybean cropland expansion. *Geophysical Research Letters*, v. 34.
- SCHAEFFER, R.; SZKLO, A. S.; LUCENA, A. F. P.; SOUZA, R. R.; BORBA, B. S. M. C.; COSTA, I. V. L.; PEREIRA, Jr.; A.; da CUNHA, S. H. F., 2008. *Mudanças Climáticas e Segurança Energética no Brasil*. COPPE-UFRJ, Rio de Janeiro: COPPE-UFRJ.
- \_\_\_\_\_, 2010. Segurança Energética – Relatório Técnico. In: MARCOVITCH J., (coord.), *et. al.*, 2010. *Economia da Mudança do Clima no Brasil: custos e oportunidades*. São Paulo: IBEP Gráfica. 82 pp. Disponível em: <[http://www.economiadoclima.org.br/files/biblioteca/Economia\\_do\\_clima.pdf](http://www.economiadoclima.org.br/files/biblioteca/Economia_do_clima.pdf)>. Acesso em: 12 set. 2010.
- SCHNEIDER, R. R., ARIMA, E., VERÍSSIMO, A., BARRETO, P., SOUZA Jr. C., 2000. *Sustainable Amazon: Limitations and Opportunities for Rural Development*. World Bank and IMAZON. Brasília. 77p.
- SCHOLZE, M. *et al.*, 2006. A climate change risk analysis for world ecosystems. *PNAS*. 103: 13116-13120.
- \_\_\_\_\_. *Etanol Verde*. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/etanolverde/>>. Acesso em 09 de junho de 2010.
- \_\_\_\_\_. *SIGAM - Sistema Integrado de Gestão Ambiental*. Disponível em: <[www.sigam.ambiente.sp.gov.br](http://www.sigam.ambiente.sp.gov.br)>. Acesso em 09 de junho de 2010.
- SEMINÁRIO SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS: IMPLICAÇÕES PARA O NORDESTE (II). *Carta de Fortaleza*, 26 de novembro de 2008, disponível em: <[http://www.sema-rh.ba.gov.br/pdf/carta\\_de\\_fortaleza.pdf](http://www.sema-rh.ba.gov.br/pdf/carta_de_fortaleza.pdf)> Acesso em: 08 set. 2010.
- UNICA, 2008. Folder Institucional: *A Indústria da Cana-de-Açúcar: Etanol, Açúcar, Bioeletricidade*. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/download.asp?mmdCode=56E2CE45-727A-45AF-AA35-BD-2B8560709A>>.
- VIDIGAL, A. A. F. (coord.), 2006. *Amazônia azul: o mar que nos pertence*. Rio de Janeiro: Ed. Record.
- WANG, M. Q.; SARICKS, C. L. & WU, M., 1997. *Fuel-Cycle Fossil Energy Use and Greenhouse Gas Emissions of Fuel Ethanol Produced from U.S. Midwest Corn*, prepared for Illinois Department of Commerce and Community Affairs, Center for Transportation Research, Argonne National Laboratory, Argonne, Ill., Dec.
- XAVIER, T. M. B. S.; PEREIRA FILHO, A. J.; XAVIER, A. F. S.; DIAS, P. L. S., 2008. Mudanças climáticas nas cidades e interferências com o aquecimento global. *Boletim SB-MET*. p.61-68.
- ZANIRATO, S. H.; 2004. A restauração do Largo do Pelourinho: edificações tão bonitas de ser ver, histórias não tão bonitas de se contar. *Revista de História*. Vitória, 16: 323-344.
- ZHAO, Y. *et al*, 2005. Impacts of present and future climate variability on agriculture and forestry in the humid and sub-humid tropics. *Climate Change*, 70: 73-116.









Outras Informações Consideradas Relevantes para o  
Alcance do Objetivo da Convenção

PARTE 4





# PART 4

# ÍNDICE

1	TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA .....	458
1.1	Necessidades Tecnológicas em Relação à Energia.....	458
1.2	Cooperação Sul-Sul .....	462
1.2.1	Programa Estruturado de Apoio aos demais Países em Desenvolvimento na Área de Energias Renováveis - Pro-Renova .....	462
1.2.2	Parcerias Triangulares .....	463
1.3	Principais Iniciativas e Indicação de Políticas de Ciência, Tecnologia e Inovação Relativas à Vulnerabilidade, Impactos e Adaptação.....	463
1.3.1	Florestas.....	465
1.3.2	Agropecuária .....	465
1.3.3	Biodiversidade .....	466
1.3.4	Semiárido.....	466
1.3.5	Energia e Recursos Hídricos .....	467
1.3.6	Zonas Costeiras .....	467
1.3.7	Áreas Urbanas.....	468
1.3.8	Saúde humana.....	468
2	PESQUISA E OBSERVAÇÃO SISTEMÁTICA .....	472
2.1	Programas Mundiais de Clima.....	472
2.2	Programa Pirata .....	474
2.3	Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia - LBA ...	475
2.3.1	Primeira Fase do LBA .....	475
2.3.2	Resultados da Primeira Fase do LBA .....	476
2.3.3	Proposta para uma Segunda Fase do LBA.....	477
2.4	Modelagem Climática sobre a América do Sul Utilizando o Modelo Regional Eta para Previsão de Tempo, Clima e Projeções de Cenários de Mudança do Clima.....	478
2.5	Programa Antártico Brasileiro - Proantar.....	480
2.5.1	A Investigação da Criosfera: Programa Antártico e Andes .....	481
2.6	Modelo Simplificado de Mudança do Clima.....	481



3	EDUCAÇÃO, TREINAMENTO E CONSCIENTIZAÇÃO PÚBLICA.....	486
3.1	Conscientização no Brasil sobre as Questões Relativas à Mudança do Clima.....	486
3.1.1	Página Oficial na Internet sobre Mudança do Clima.....	486
3.2	Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas.....	488
3.3	Programas de Educação em Conservação de Energia Elétrica e Uso Racional de Derivados de Petróleo e Gás Natural.....	488
3.3.1	O Procel nas Escolas.....	488
3.3.2	O Conpet na Escola.....	490
4	FORMAÇÃO DE CAPACIDADE NACIONAL E REGIONAL.....	494
4.1	Instituto Interamericano para Pesquisas em Mudanças Globais - IAI .....	494
4.1.1	Programas Científicos do IAI - 1999-2010 .....	495
4.2	Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima - IPCC.....	496
4.3	Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas - PBMC.....	497
4.4	Rede Brasileira de Pesquisa sobre Mudanças Climáticas Globais - Rede Clima.....	498
4.5	Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia - INCT para Mudanças Climáticas .....	499
4.6	Centro de Previsão de Tempo e Estudos do Clima - CPTEC / INPE .....	499
4.7	Centro de Ciência do Sistema Terrestre - CCST / INPE .....	500
4.8	Treinamento sobre Modelagem de Cenários Regionais Futuros de Mudança do Clima para Países da América Latina e Caribe .....	500
4.9	Análises de Impactos Econômicos da Mudança do Clima no Brasil .....	501
4.9.1	Estudo de Modelo Intersectorial de Equilíbrio Geral e Mudança do Clima .....	502
4.9.2	Economia das Mudanças do Clima no Brasil.....	503
4.10	Cooperação Sul-Sul sobre Questões Relacionadas à Mudança do Clima.....	504

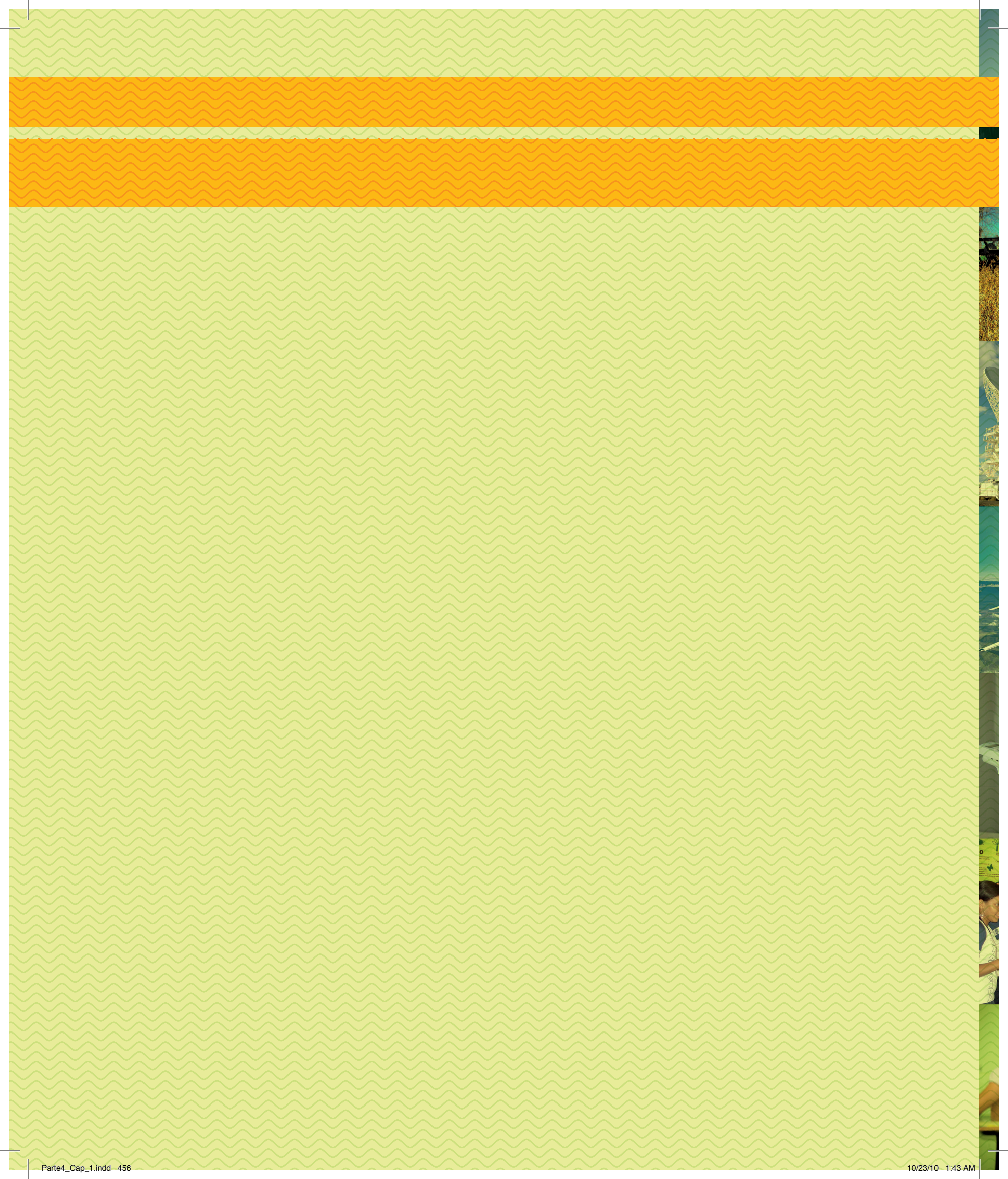
5 INFORMAÇÃO E FORMAÇÃO DE REDE..... 508

5.1 Intercâmbio de Informações ..... 508

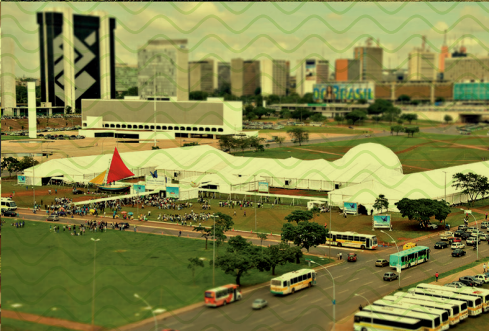
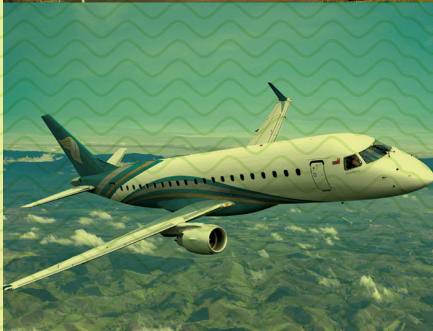
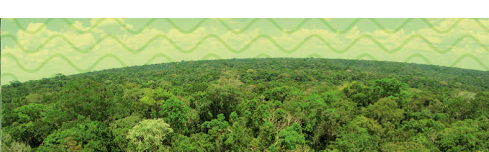
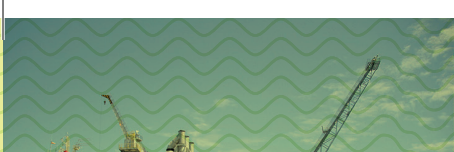
5.1.1 Rede Iberoamericana de Mudança do Clima - RIOCC..... 508

5.1.2 Rede Lusofônica de Especialistas em  
Alterações Climáticas - RELAC..... 509

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 510







# Capítulo 1

Transferência de Tecnologia



# 1 Transferência de Tecnologia

Conforme descrito na parte de arranjos institucionais desta Comunicação Nacional<sup>265</sup>, a responsabilidade pela coordenação da implementação dos compromissos resultantes da Convenção no Brasil cabe ao MCT. Este fato evidencia a importância que o país atribui à ciência e às tecnologias associadas à mudança do clima.

O problema da mudança global do clima é eminentemente científico e tecnológico no curto e médio prazo. É científico, porque se trata de definir a mudança do clima, suas causas, intensidade, vulnerabilidades, impactos e redução das incertezas. É tecnológico, porque as medidas de combate ao aquecimento global passam por ações que visam a promover e cooperar para o desenvolvimento, aplicação e difusão, inclusive transferência, de tecnologias, práticas e processos que previnam o problema e seus efeitos adversos.

Em conformidade com o artigo 4º, parágrafo 1º, alínea (c) da Convenção, o Brasil, levando em conta suas responsabilidades comuns mas diferenciadas e suas prioridades de desenvolvimento, objetivos e circunstâncias específicos, nacionais e regionais, contribui, para “promover e cooperar para o desenvolvimento, aplicação e difusão, inclusive transferência, de tecnologias, práticas e processos que controlem, reduzam ou previnam as emissões antrópicas de gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal em todos os setores pertinentes”. Ressalta-se, igualmente, as disposições da Convenção sobre transferência de tecnologia, contidas em seu artigo 4º, parágrafos 3º, 5º, 7º, 8º e 9º.

Deve-se reconhecer que uma rápida e efetiva redução de emissões de gases de efeito estufa e a necessidade de se adaptar aos efeitos adversos da mudança do clima, requerem acesso à difusão e transferência de tecnologias sustentáveis.

O Brasil considera a expressão “transferência de tecnologia” da forma mais abrangente, compreendendo os diferentes estágios do ciclo tecnológico, incluindo pesquisa e desenvolvimento – P&D, demonstração, aumento de escala (*deployment*), difusão e transferência de tecnologia em si, tanto referente à mitigação quanto à adaptação.

O Brasil considera que o desenvolvimento e a transferência de tecnologia relativa à mudança global do clima devem apoiar ações de mitigação e adaptação, de forma a se alcan-

çar o objetivo último da Convenção. Na busca deste objetivo, a identificação de necessidades tecnológicas deve ser determinada com base em circunstâncias e prioridades nacionais.

## 1.1 Necessidades Tecnológicas em Relação à Energia

Nesta seção, destacam-se as necessidades tecnológicas do país em relação à energia, de maneira que se combine o atendimento às crescentes demandas com fontes menos emissoras de gases de efeito estufa. No entanto, esta seção não busca apenas identificar as tecnologias que o país necessita receber, mas também o grande potencial de tecnologias endógenas que podem ser difundidas e/ou transferidas a outros países, principalmente em desenvolvimento, por meio de cooperação Sul-Sul ou triangular (Norte-Sul-Sul). O etanol produzido de cana de açúcar é um desses exemplos, bem como avanços tecnológicos alcançados no setor agrícola.

O Brasil possui um grande desafio nas próximas décadas para buscar soluções que atendam a crescente demanda por energia e, ao mesmo tempo, satisfaçam critérios de economicidade, segurança de suprimento, saúde pública, garantia de acesso universal e sustentabilidade ambiental. Para satisfazer esses critérios, significativos esforços em pesquisa, desenvolvimento e inovação – P,D&I deverão ser iniciados imediatamente e nos próximos anos para atender a demanda de energia estimada para 2030-2050.

Neste contexto, o CGEE tem desenvolvido estudos<sup>266</sup> voltados a identificar o *status* atual de diversas tecnologias relacionadas à geração de energia, e a explorar o interesse e as oportunidades de transferência/cooperação entre o Brasil e o exterior em relação às mesmas. Estes estudos visam a oferecer subsídios às negociações internacionais relacionadas às tecnologias de energia com potencial para mitigar as emissões de gases de efeito estufa. Os resultados destes estudos encontram-se sintetizados na Tabela 1.1.

No tocante a tecnologias para geração de eletricidade a partir de gás natural e carvão mineral, o Brasil tem necessidade de receber as tecnologias mais modernas baseadas nesses combustíveis, inclusive de outros países em desenvolvimento, como a África do Sul. O Brasil possui conhecimento na área de carvão pulverizado, por existir atualmente usinas deste tipo no país; contudo, não há iniciativas em pesquisas em sistemas de carvão ultrasupercríticos. No

265 Vide Parte I seção 3 sobre Arranjos Institucionais relevantes para a elaboração da Comunicação Nacional em Bases Permanentes.

266 Estes estudos podem ser encontrados na página de *internet* do CGEE. Disponível em: <<http://www.cggee.org.br/>>.

caso de turbinas a gás de grande porte, trata-se de tecnologia já dominada e em escala comercial por meio de empresas multinacionais. Turbinas a gás de pequeno porte começam a despertar interesse no Brasil e já existem grupos de pesquisa atuando nesta área, possibilitando espaço para colaboração internacional em P&D aplicado.

No caso de tecnologias para geração de eletricidade a partir da energia nuclear, o Brasil possui conhecimento na área de produção do combustível, inclusive a etapa de enrique-

cimento de urânio. Pode-se pensar até em exportar *know-how* para enriquecimento de urânio com a centrífuga desenvolvida no país, de acordo com as políticas de segurança e acordos que envolvem essa área. Tecnologias avançadas de reatores nucleares (geração III e IV) não são dominadas no país (o Brasil tem conhecimento sobre a geração II).

Em relação à energia solar fotovoltaica, existe interesse em buscar mais tecnologia nessa área e promover acordos de cooperação com centros de excelência reconhecidos inter-

**Tabela 1.1 Oportunidades de transferência de tecnologias para geração de energia de/para o Brasil e países em desenvolvimento (Sul-Sul), e de/para o Brasil e países desenvolvidos (Sul-Norte/Norte-Sul)**

	Transferência de tecnologia do Brasil		Transferência de tecnologia para o Brasil	
	SUL-SUL	SUL-NORTE	SUL-SUL	NORTE-SUL
Tecnologias para geração de eletricidade				
Gás Natural				
Turbinas (grande porte)	Não	Não	Não	Sim
Microturbinas	Não	Não	Não	Sim
Carvão Mineral				
Pulverizado (crítico, supercrítico e ultra-super crítico)	Não	Não	Sim	Sim
Gaseificação (IGCC)	Não	Não	Não	Sim
Leito fluidizado atmosférico circulante	Não	Não	Sim	Sim
Fissão Nuclear (gerações III e IV)				
Produção de combustível	Sim	Sim	Não	Sim
Reatores	Não	Não	Não	Sim
Solar				
Energia solar fotovoltaica	Não	Não	Não	Sim
Energia solar térmica de alta temperatura	Não	Não	Não	Sim
Energia eólica	Sim	Não	Não	Sim
Gaseificação da biomassa	Sim	Não	Não	Sim
Hidreletricidade				
PCH	Sim	Não	Não	Sim
Médio e grande porte	Sim	Não	Não	Sim
Hidrogênio				
Célula a combustível	Sim	Sim	Sim	Sim
Produção e armazenamento	Sim	Sim	Sim	Sim
Combustíveis e calor				
Gás Natural				
GNL (liquefação e regasificação)	Não	Não	Não	Sim

GTL (gas-to-liquid)	Não	Não	Sim	Sim
Carvão Mineral				
CTL (Coal-to-liquid)	Não	Não	Sim	Sim
Etanol				
Resultante da Fermentação de açúcar	Sim	Sim	Não	Não
Lignocelulósico	Sim	Sim	Não	Não
Energia Solar	Sim	Não	Sim	Sim
Carvão Vegetal	Sim	Não	Não	Sim
Biodiesel	Sim	Sim	Sim	Sim
Tecnologias de Interface				
CCS	Não	Não	Não	Sim
Smart Grid	Não	Não	Não	Sim
Armazenamento (baterias)	Não	Não	Não	Sim
Tecnologias Sociais				
Fogões, combustíveis limpos - GLP/etanol cocção	Sim	Não	Sim	Sim
Eficiência energética para baixa renda	Sim	Não	Sim	Sim
Solar térmico para baixa renda	Sim	Não	Sim	Sim

Fonte: CGEE, 2010.

nacionalmente, com o objetivo de capacitar recursos humanos, possibilitar troca de informações (como experiências, normatizações, medições e suporte) e promover a execução de projetos. O Brasil possui um grande parque industrial que extrai e beneficia o quartzo, transformando-o em silício grau metalúrgico, mas ainda não possui empresas que transformem o silício grau metalúrgico em grau solar. A produção de eletricidade por meio de energia solar a altas temperaturas é outra área de pouco domínio no país. Há ainda muito pouca pesquisa no tema e poucos pesquisadores envolvidos. No entanto, no âmbito internacional, a situação das tecnologias envolvidas na área de *Concentrated Solar Power* - CSP está avançando para os estágios de demonstração e mercado.

No caso da energia eólica, esta é uma das fontes que mais cresce e cujos avanços tecnológicos estão rapidamente entrando no mercado. O país precisa acompanhar estes avanços. Há necessidade de adaptações de *softwares*, tecnologias e materiais, de maneira que sejam mais apropriados para as condições brasileiras. Existe espaço para P&D e pesquisa aplicada e nacionalização de componentes. Já existem indústrias instaladas no país, inclusive com acordos de transferência de tecnologia. O Brasil conta também com uma estrutura industrial capaz de

potencialmente atender a demanda por novos aerogeradores e seus componentes. Os países detentores dessas tecnologias são principalmente a Alemanha, a Dinamarca e os Estados Unidos. China e Índia já possuem expressivos programas de fabricação e instalação de aerogeradores.

Em relação à gaseificação da biomassa, a qual ainda se encontra em desenvolvimento no âmbito internacional, o Brasil tem interesse em sua maior utilização. O Plano de Energia 2030 já contempla a entrada de sistemas utilizando gaseificação e ciclo combinado no setor sucroalcooleiro. Já existem alguns grupos trabalhando com esse tema nas universidades brasileiras e mais recentemente observa-se um esforço do setor industrial no desenvolvimento de protótipos. É uma área que pode se beneficiar de maior cooperação internacional com centros de pesquisa dos EUA e Europa. O conhecimento acadêmico que o país possui poderia ser transferido para países do Sul e do Norte.

A hidreletricidade de médio e grande porte já é uma tecnologia madura no Brasil e no mundo. Já as PCHs apresentam um potencial de desenvolvimento tecnológico no mundo e já se encontram em fase de comercialização. Existe *expertise* no país principalmente nas áreas de otimização de projetos de

turbinas hidráulicas e engenharia civil, sendo que, atualmente, a maior parte dessas atividades é realizada por empresas privadas. O parque industrial brasileiro é capaz de fornecer equipamentos hidrodinâmicos de até 10 MW. Em termos de transferência de tecnologia, esta é uma área onde o país pode exportar conhecimento, produtos e serviços, tanto para países do Sul como do Norte.

No que diz respeito ao hidrogênio, sua produção já é realizada no país, mas sua utilização em maior escala, com fins energéticos, necessita de esforços adicionais para redução de seus custos. Existem possibilidades de desenvolvimento conjuntos entre o Brasil e diversos países desenvolvidos e alguns em desenvolvimento, como têm sido explorados no âmbito da "Parceria Internacional para uma Economia de Hidrogênio (*International Partnership for a Hydrogen Economy*)". O Brasil já detém conhecimento em algumas áreas e tecnologias de produção de hidrogênio (por eletrólise da água, reforma do etanol e gás natural<sup>267</sup>) e tipos de células a combustível PEM<sup>268</sup> (da sigla em inglês *Próton Exchange Membrane* para aplicações estacionárias e de porte reduzido), sendo que já existem inclusive pequenas empresas nesta área.

Em relação ao gás natural, embora a tecnologia de gás natural liquefeito – GNL já seja utilizada em escala comercial no mundo, o Brasil ainda não possui conhecimento suficiente na área e atualmente os esforços são no sentido de aquisição de tecnologia de liquefação e re-gaseificação do gás natural. O Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez – CENPES, da Petrobras, está desenvolvendo esforços de aquisição de conhecimento e levantamento do estado da arte de tecnologias de GNL, mas ainda não existe capacitação industrial nesta área. No caso da tecnologia *gas to liquids* – GTL e mesmo *coal to liquids* – CTL, também existe conhecimento limitado no país e se encontra mais desenvolvido no CENPES, muito embora algumas universidades e outros centros de pesquisa também possuam conhecimento, sendo que, ainda, não há capacitação industrial no Brasil.

O etanol resultante da fermentação de açúcar é completamente dominado no país e é uma tecnologia que o Brasil certamente poderá transferir para outros países, tanto desenvolvidos como em desenvolvimento, inclusive o *know-how* para sua integração ao sistema de derivados de petróleo. Já o etanol de lignocelulósico<sup>269</sup> apresenta-se em estágio de P&D e no

início de demonstração, necessitando ainda, também, de pesquisa fundamental. O país conta com diversos pesquisadores e centros onde se localizam a maior parte do conhecimento, incluindo também algumas indústrias do setor sucroalcooleiro. Recentemente, foi criado o Centro de Ciência e Tecnologia do Bioetanol – CTBE. Nesta área, é possível dizer que o Brasil tem possibilidades de transferir conhecimento para países em desenvolvimento e se beneficiar com pesquisas colaborativas tanto com países desenvolvidos como em desenvolvimento.

Quanto à energia solar térmica de baixa temperatura, o Brasil domina a tecnologia de coletores planos. Seria importante desenvolver outras aplicações, como refrigeração, ar-condicionado, superfícies seletivas, tubos a vácuo, processos de fabricação automatizados. Embora exista capacitação nas universidades, ainda não se observam esforços coordenados e maior interação com empresas. É necessário, também, promover modernização da indústria nacional. Nessa área, o Brasil beneficiar-se-á de maior cooperação com outros países, como China e Israel, por exemplo.

O Brasil é atualmente o maior produtor mundial de carvão vegetal de origem plantada e possui posição de destaque no domínio tecnológico, muito embora necessite incorporar avanços, especialmente para aumentar a eficiência do processo de carbonização<sup>270</sup>. O país teria, portanto, a oportunidade de transferir tecnologia para outros países, principalmente da América Latina, África e Ásia que consomem muito carvão vegetal. Existem empresas no país, de capital nacional e internacional, dedicadas à produção de carvão vegetal para a siderurgia.

O país possui grupos de pesquisa atuantes em toda a cadeia produtiva do biodiesel e existem oportunidades de transferência de tecnologia nacional para o exterior, bem como maior intercâmbio e cooperação com outros grandes produtores mundiais, como a Alemanha. O Brasil possui, também, um setor industrial capacitado para a produção de biodiesel com empresas de capital nacional.

No que diz respeito às tecnologias de captura e armazenamento de CO<sub>2</sub>, muito embora essas tecnologias ainda se encontrem em fases iniciais de P&D, já existe no país interesse nesta área. Em 2006, a Petrobras criou uma Rede Temática de Sequestro de Carbono e Mudanças Climáticas e estabeleceu um Centro de Pesquisas sobre Armazenamento do Carbono – CEPAC. Todas as tecnologias que compõem o

267 Vide Parte III seção A.1.7, sobre Hidrogênio.

268 A célula a combustível do tipo PEM (do inglês *Próton Exchange Membrane*) utiliza uma membrana polimérica condutora de prótons. Em cada lado, é acoplado um eletrodo, condutor através do qual se fornece ou se retira corrente elétrica de um sistema, onde ocorrem as reações.

269 O etanol lignocelulósico é produzido a partir de todo tipo de biomassa vegetal, incluindo o lixo orgânico. O bagaço e a palha da cana são excelentes alter-

nativas para o Brasil na produção do etanol lignocelulósico. As tecnologias relacionadas à produção deste tipo de etanol incluem as rotas termoquímicas (*FisherTropsch*) e bioquímicas (hidrólise ácida, hidrólise enzimática) para produção de biocombustíveis.

270 Vide Parte III seção A.1.9, sobre Indústria a Carvão Vegetal.



*Carbon Capture and Storage* – CCS (captura, transporte, armazenamento e monitoramento) merecem atenção e requerem cooperação com outros países. Existe também a expectativa de desenvolvimento no país de captura e armazenamento de CO<sub>2</sub> a partir de fontes renováveis (*Renewable CO<sub>2</sub> Capture and Storage* – RCCS) com o objetivo de capturar e armazenar no subsolo o CO<sub>2</sub> emitido no processo de fermentação do açúcar, sobretudo na produção de etanol.

Tecnologias relacionadas com “redes inteligentes” (*smart grids*) estão em desenvolvimento no mundo. Austrália, Estados Unidos e União Europeia estão investindo em projetos pilotos, incluindo não só aspectos tecnológicos, como também reformas regulatórias que propiciarão o desenvolvimento do mercado para essas tecnologias. Aspectos como interconexão para geração distribuída, sistemas de armazenagem, sistemas de gerenciamento de cargas em tempo real, automação, entre outras, são áreas importantes para o desenvolvimento dessas tecnologias. O Brasil já possui certo conhecimento, com boa capacitação nas universidades, no CENPES e no Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPEL. A ampliação desse conhecimento será fundamental para alavancar maior penetração de fontes como solar fotovoltaica, eólica e hidrogênio, sendo, portanto, desejável transferência de tecnologia e conhecimentos de países desenvolvidos.

Tem havido recentemente grande interesse em baterias de lítio para fins automotivos, as quais poderão auxiliar a maior difusão de veículos elétricos. É uma tecnologia em fase de demonstração e fortemente dominada por empresas multinacionais relacionadas com a indústria automotiva. No Brasil, existem capacitação e empresas que fabricam diversos tipos de baterias, as quais poderão, caso devidamente capacitadas, dominar também esta nova tecnologia.

Em relação às tecnologias sociais, o Brasil tem investido ao longo de muitos anos em algumas tecnologias que foram capazes de transformar o mercado de energia com impactos sociais importantes. O caso da introdução do GLP em substituição a lenha é um exemplo disso, assim como o etanol. Houve uma preocupação em transformar o mercado existente, criando fornecedores, empresas distribuidoras e pontos de vendas para os novos fogões e, posteriormente, uma consolidação desse mercado. No mundo, existem cerca de dois bilhões de pessoas que ainda utilizam lenha para cocção, a maior parte delas na África e Ásia. É uma oportunidade para levar esse *know-how* para esses países e, ainda, possibilidade de outros combustíveis mais limpos para esse uso final, como é o caso do etanol que poderia ser também produzido em pequenas destilarias (outra tecnologia dominada pelo país). O Brasil tem investido cerca de R\$ 100 milhões anualmente em programas

de eficiência energética para população de baixa renda. Esses programas têm sido conduzidos pelas concessionárias de eletricidade e têm contribuído para fomentar o mercado interno de fornecedores de equipamentos mais eficientes como lâmpadas, refrigeradores e aquecedores solares para uso residencial. Esses programas vêm sendo desenvolvidos para a população urbana e periurbana em situações de muita dificuldade logística. Existe, portanto, um *know-how* para implementação de programas desse tipo em larga escala, o qual pode ser transferido para outros países em desenvolvimento.

Cabe ressaltar que ainda existe a necessidade do desenvolvimento de mais pesquisas voltadas para o setor transporte, sobretudo no que diz respeito ao desenvolvimento do ônibus a hidrogênio<sup>271</sup> e às tecnologias *flex-fuel*<sup>272</sup>, principalmente aquela voltada a veículos pesados.

## 1.2 Cooperação Sul-Sul

O Brasil atribui especial importância à cooperação Sul-Sul, entendendo que a troca de experiências e de conhecimentos entre países em desenvolvimento materializa o sentimento de solidariedade e responsabilidade entre os povos, beneficiando todas as partes envolvidas na cooperação. Os projetos de cooperação técnica revelam-se eficientes promotores do desenvolvimento social, além de representarem os esforços de muitos profissionais, demonstrando que com disposição e vontade política é possível realizar atividades de importante valor socioeconômico.

Esta subseção tem como foco as principais iniciativas conjuntas e parcerias do Brasil com outros países em desenvolvimento, na área de fontes renováveis de energia (principalmente de difusão do etanol) e de técnicas agrícolas.

### 1.2.1 Programa Estruturado de Apoio aos demais Países em Desenvolvimento na Área de Energias Renováveis - Pro-Renova

O Programa Estruturado de Apoio aos demais Países em Desenvolvimento na Área de Energias Renováveis – Pro-Renova tem como objetivo criar bases duradouras para a ampla gama de ações do Brasil com países em desenvolvimento na área das energias renováveis, especialmente na África.

A evolução no interesse internacional pelo tema contribui para estreitar, sobre bases concretas, a cooperação Sul-Sul e também para promover o desenvolvimento sustentável de

271 Vide Parte III seção A.1.7.2 sobre o Projeto Ônibus Brasileiro a Hidrogênio.

272 Vide Parte III seção A.1.1 sobre o Etanol de Cana-de-Açúcar no Brasil para maiores informações sobre os veículos flex-fuel.

países parceiros do Brasil. Além disso, no que se refere especificamente à bioenergia, os entendimentos são fundamentais para o estabelecimento de novos centros de produção e consumo, condição para a “comoditização” desse produto e para o consequente desenvolvimento de um mercado internacional, que garanta a inclusão da bioenergia na matriz energética mundial.

A elaboração do Pro-Renova envolveu diversas áreas do governo e observou as seguintes premissas: tratamento coletivo (pois a crescente demanda por tratativas e ações referentes a este tema faz com que o MRE e as demais instituições governamentais brasileiras envolvidas com o tema estejam enfrentando dificuldades para atender as solicitações dos parceiros internacionais); seleção com base em critérios geográficos, linguísticos e políticos; associação com o setor privado; projetos-piloto estruturantes; e eventual envolvimento de organismos internacionais.

Entre as ações previstas pelo Pro-Renova, incluem-se a realização de seminários regionais com feiras comerciais paralelas; cursos temáticos periódicos no Brasil; capacitação *in loco* em grupos de países selecionados; cooperação educacional em pesquisa e desenvolvimento; projetos demonstrativos; e missões técnicas brasileiras.

### 1.2.2 Parcerias Triangulares<sup>273</sup>

O incentivo à produção e ao uso sustentável de bioenergia, incluindo biocombustíveis, é uma importante oportunidade para países em desenvolvimento, uma vez que o Brasil entende a bioenergia como uma das soluções energéticas capazes de combinar benefícios sociais (pelo potencial de geração de renda e energia nas regiões rurais dos países em desenvolvimento), ambientais (sobretudo por meio da redução da emissão de gases de efeito estufa e recuperação das áreas degradadas) e econômicos (com a diminuição da dependência do petróleo e geração de empregos). A ampliação do número de países produtores e consumidores torna-se condição *sine qua non* para a “comoditização” dos biocombustíveis e a criação de mercado internacional, orientando a atuação brasileira nesse setor. O Brasil vem buscando, assim, a construção de parcerias de natureza triangular.

O “Memorando Brasil-EUA para Avançar a Cooperação em Biocombustíveis”, especialmente a vertente que visa a promover a produção e o uso de biocombustíveis em terceiros

países por meio de estudos de viabilidade e assistência técnica, é iniciativa precursora nesse campo. Em uma primeira etapa, o programa contemplou El Salvador, Haiti, República Dominicana e São Cristóvão e Nevis, e, em sua segunda etapa, Guatemala, Honduras, Jamaica, Guiné-Bissau e Senegal. Avalia-se, no momento, a extensão da cooperação para países asiáticos.

O Brasil vem negociando com a Suécia, no âmbito do “Memorando de Entendimento Brasil-Suécia para Cooperação na Área de Bioenergia, inclusive Biocombustíveis”, ações conjuntas com vistas a promover a produção e o uso de biocombustíveis na Tanzânia.

## 1.3 Principais Iniciativas e Indicação de Políticas de Ciência, Tecnologia e Inovação relativas à Vulnerabilidade, Impactos e Adaptação

Com o objetivo de aprofundar o conhecimento sobre mudança global do clima, suas vulnerabilidades, seus potenciais impactos e possíveis respostas da sociedade para adaptação a seus efeitos, são indicadas, a seguir, as principais áreas que mereceriam maior apoio por meio da política de ciência, tecnologia e inovação.

Essas áreas foram identificadas a partir dos estudos realizados pelo CGEE<sup>274</sup> (CGEE, 2008), assim como na série de cinco oficinas temáticas de trabalho, as quais contaram com a presença de 104 especialistas atuantes nas respectivas áreas, durante o primeiro semestre de 2009.

Como resultado dessas atividades, reconheceu-se a necessidade de se aprofundar o conhecimento nas seguintes áreas gerais:

### a) Clima e mudança global do clima

Embora tenha evoluído muito o conhecimento nessa área, as projeções futuras de mudança global do clima ainda são imprecisas, sobretudo em relação a temas como o volume de precipitações em cada região. O Brasil deve continuar investindo na ciência do clima, melhorando a base de informação e incorporando novas tecnologias e modelos locais para permitir a geração de cenários mais confiáveis sobre o clima futuro. Os eventos

273 Triangulação é a modalidade de cooperação na qual dois países implementam ações conjuntas com o objetivo de prover capacitação profissional, fortalecimento institucional e intercâmbio técnico para um terceiro.

274 Vide Parte III.B seção sobre Programas Contendo Medidas para Facilitar Adequada à Adaptação à Mudança do Clima, introdução, para maiores informações sobre os estudos realizados.

provocados pelas variações climáticas têm acontecido ao longo da história, continuarão acontecendo e poderão tornar-se mais agudos no futuro, com a mudança global do clima.

### **b) Vulnerabilidade econômica, social e ambiental**

Em princípio, todas as regiões e agentes econômicos e sociais apresentam algum tipo de vulnerabilidade à mudança global do clima e a eventos climáticos extremos. É necessário aprofundar o conhecimento dessas vulnerabilidades, inclusive do ponto de vista conceitual, uma vez que se trata de assunto relativamente novo na literatura especializada. A vulnerabilidade representa o grau de susceptibilidade de uma região, de um grupo, de uma atividade ou de um recurso natural a eventos de origem climática, tais como secas, cheias, picos de temperatura, elevação do nível do mar e furacões. O conhecimento das vulnerabilidades sociais, econômicas e ambientais é de grande importância para melhorar a qualidade das políticas de adaptação da sociedade e do governo a tais eventos.

### **c) Impactos sociais, econômicos e ambientais**

Precisa-se melhorar o conhecimento sobre como os impactos de variabilidade e de mudança global do clima acontecem e quais as suas consequências, em termos de prejuízos materiais, vidas humanas e outros. É necessário criar condições de se medir esses impactos, inclusive os custos decorrentes dos mesmos. Diferentes setores produtivos serão afetados diferentemente, sendo que é possível que algum setor ou atividade seja afetado de forma positiva em regiões distintas.

### **d) Adaptação às variabilidades climáticas e à mudança do clima**

No Brasil, já existe uma história de políticas de adaptação à variabilidade climática, como é o caso das secas no semiárido nordestino. O Sistema de Defesa Civil no país também tem uma história com muitas lições. Com a mudança global do clima, será maior a necessidade de formular respostas sociais e governamentais para fazer face aos riscos de eventos climáticos extremos e de elevação do nível do mar. As medidas de adaptação são importantes para reduzir a vulnerabilidade de regiões, ecossistemas, populações e atividades, e, desta forma, reduzir os impactos e os prejuízos daí advindos.

Como resultados dos estudos e das oficinas temáticas de trabalho realizadas reconheceram-se ainda os seguintes pontos:

- wca Latina, impactos mais intensos da mudança global do clima ocorrerão na Amazônia e no Nordeste brasileiro. Portanto, essas regiões merecem especial atenção para ações de ciência, tecnologia e inovação – CT&I relativas às vulnerabilidades, impactos e adaptação – VIA;
- ficou evidente que as comunidades pobres e as áreas de renda mais baixas são mais vulneráveis aos impactos causados pela mudança global do clima. O desenvolvimento, aprimoramento e integração de serviços de alerta precoce são de fundamental importância para antecipar as respostas quando da ocorrência de eventos extremos, reduzindo a vulnerabilidade dessas populações e de sistemas produtivos;
- ainda que seja imperativo mitigar as emissões como a única solução em longo prazo, é inevitável que algum grau de mudança do clima aconteça de qualquer maneira, razão pela qual ênfase também deva ser dada à necessidade de adaptação à mudança global do clima;
- existem também potencialidades e oportunidades decorrentes da mudança global do clima que devem ser exploradas, tais como o mercado de carbono e ganhos na produtividade agrícola, como resultado da fertilização por CO<sub>2</sub>;
- há necessidade de melhorar a articulação institucional e intersetorial, assim como o aperfeiçoamento e aumento da disponibilidade de informações e bases de dados, especialmente dados históricos de chuvas e do nível do mar;
- é de fundamental importância promover a capacidade técnica e institucional e a educação ambiental, a partir de treinamentos, programas de educação integral (crianças, jovens e adultos) e de campanhas de conscientização, com o objetivo de aprofundar o conhecimento de possíveis impactos e respostas de adaptação, reduzindo, assim, as vulnerabilidades à mudança global do clima;
- é necessário o apoio à investigação científica — com integração e participação das entidades governamentais, dos setores produtivos, das entidades científicas e representantes da sociedade civil — visando à identificação de vulnerabilidades, construção de cenários brasileiros de impactos e formulação de estratégias e políticas de adaptação para as próximas décadas;

- destaca-se a Rede Clima<sup>275</sup>, criada pelo MCT, voltada a gerar informações científicas para ajudar o país a responder aos desafios das mudanças climáticas globais;
- destaca-se também o PBMC<sup>276</sup>, criado pelo MCT e MMA, que reúne e sintetiza periodicamente a produção científica brasileira sobre o tema;
- é preciso disseminar informações relativas à mudança global do clima em linguagem acessível para o público (por exemplo, por meio de redes, como a Rede Clima, e outros meios de comunicação), reconhecendo-se o papel da imprensa como de fundamental relevância;
- deve ser aprofundado o conhecimento sobre sinergias entre práticas de mitigação e de adaptação.

Dessa forma, como resultado dos estudos e das oficinas temáticas de trabalho acima mencionadas, recomendou-se que, de modo específico, o sistema de CT&I deveria incentivar o aprofundamento do conhecimento sobre VIA, a partir de iniciativas a seguir relacionadas.

### 1.3.1 Florestas

- ampliação da quantidade e qualidade de dados e informações necessários para os estudos de vulnerabilidade, impacto e adaptação à mudança do clima, e promoção do uso de métodos e ferramentas que permitam uma melhor avaliação regional e local sobre os ecossistemas florestais, em particular;
- ampliação do conhecimento científico sobre os potenciais impactos da mudança do clima nas florestas e no setor florestal produtivo de forma geral, assim como na identificação das vulnerabilidades desses sistemas;
- avaliação da potencialidade para estocagem de carbono de cada ecossistema;
- monitoramento dos impactos econômicos e ambientais das atividades extrativistas, em particular enfatizando o acompanhamento permanente dos impactos ambientais diretos e indiretos das atividades madeireiras;
- disseminação de informações sobre os impactos já percebidos e as suas localizações, assim como a projeção dos

275 Vide nesta Parte a seção 4.4 sobre a Rede Brasileira de Pesquisa sobre Mudanças Climáticas Globais – Rede Clima.

276 Vide nesta Parte a seção 4.3 sobre o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas – PBMC.

impactos esperados da mudança global do clima, sob diversos cenários de emissões, alertando sobre os impactos irreversíveis, estimando os diferentes riscos e identificando oportunidades relacionadas à mudança do clima;

- tecnologias, métodos e práticas para tornar as florestas mais resilientes aos impactos da mudança do clima;
- estabelecimento de metodologias e práticas de definição de áreas prioritárias para estabelecimento de corredores ecológicos em ecossistemas sensíveis à mudança do clima.

### 1.3.2 Agropecuária

- mapeamento das vulnerabilidades do setor de agropecuária no país;
- estabelecimento e implantação de sólidos programas de CT&I sobre a avaliação de impactos da mudança global do clima na agricultura e possíveis medidas de adaptação, considerando as principais culturas agrícolas e forrageiras, e incluindo eventos extremos significantes para a agricultura;
- avaliação da distribuição espacial de doenças de plantas com base nas condições climáticas atuais e estimativas de mudança global e regional do clima;
- implementação do zoneamento agroclimatológico e agroecológico;
- desenvolvimento e implementação de tecnologias de confortabilidade térmica para sistemas de produção pecuária;
- implementação de sistemas integrados de produção e sistemas de lavoura-pecuária-florestas;
- desenvolvimento de pesquisas sobre as emissões dos principais gases de efeito estufa em diferentes áreas e métodos (plantio direto x cultivo tradicional) de cultivo (pastas, grãos, cana-de-açúcar, etc.) e florestas;
- avaliação dos efeitos de crescentes concentrações de CO<sub>2</sub> no sistema solo-planta de ecossistemas agrícolas existentes no país, aliadas a aumentos previstos de temperatura, balanço de água e nutrientes;
- melhoramento genético animal e vegetal para as novas condições climáticas e de aumento na incidência de pragas e doenças;



- extensão rural com vistas à adequação do setor produtivo aos efeitos da mudança global do clima, visando à orientação sobre medidas de adaptação;
- implementação de ações integradas de CT&I, visando à segurança alimentar de territórios rurais, especialmente no semiárido;
- implementação de políticas públicas guiadas por conhecimento científico e tecnológico moderno em agronomia que maximizem e intensifiquem o uso de áreas já alteradas de biomas, aliadas a políticas de agregação de valor, via industrialização, aos produtos agrícolas ou florestais primários.

### 1.3.3 Biodiversidade

- levantamento de assuntos paleoecológicos, paleoambientais e paleoclimáticos, histórico ambiental e ecológico, incorporando conhecimento da distribuição atual de espécies e comunidades, reconstrução dos processos migratórios e de evolução das comunidades fauna e flora ameaçadas em cada estado;
- reestruturação e integração de iniciativas relativas a inventários biológicos (espécies e variabilidade genética) e informações ambientais (levantamento pedológico e de dados climáticos e hidrológicos) e implementação de um programa nacional, incluindo a iniciativa privada;
- apoio à consolidação de uma infraestrutura organizada e compartilhada de dados (biológicos e abióticos), por meio da integração dinâmica de sistemas de informação distribuídos com a adoção de padrões e protocolos internacionalmente aceitos, que facilite o desenvolvimento de análises consistentes e de modelagem preditiva;
- aprimoramento e desenvolvimento de modelos que sejam capazes de simular os efeitos sinérgicos associados aos ecossistemas (mudança do clima, fogo, extremos climáticos, uso do solo, aspectos socioeconômicos e nicho ecológico de espécies);
- desenho e implementação de sistemas de monitoramento do impacto da mudança global do clima sobre espécies (nativas, endêmicas, ameaçadas, invasoras), com a definição de indicadores biológicos de impacto sobre espécies, populações e ecossistemas;
- desenvolvimento de modelos para recuperação de áreas degradadas, restauração de ecossistemas e controle de invasões biológicas;

- implementação de programas de pesquisa que estudem o papel da complexidade e a interatividade ecológica no funcionamento dos ecossistemas, incluindo estudos ecofisiológicos relacionados a estresse hídrico e térmico;
- revisão das prioridades de conservação e estabelecimento de corredores ecológicos, levando-se em conta o impacto da mudança global do clima na biodiversidade;
- estruturação de Programa Nacional de Centros de Recursos Biológicos (conservação *ex-situ*, exemplo germoplasmas).

### 1.3.4 Semiárido

- avaliação da vulnerabilidade do semiárido a mudanças do uso da terra, a alterações do clima, ao aumento populacional e ao conflito pelo uso de recursos naturais, incluindo mapa de riscos e vulnerabilidade, integrando as diferentes vulnerabilidades setoriais;
- avaliação da potencialidade hídrica nas bacias hidrográficas e hidrogeológicas do semiárido;
- avaliação da segurança alimentar no semiárido;
- realização de uma análise multicriterial para o mapeamento de vocação regional e proposição de políticas adequadas às vocações regionais identificadas;
- desenvolvimento de pesquisa aplicada dirigida à avaliação dos impactos e ao mapeamento de riscos da mudança global do clima, e à identificação de populações vulneráveis, para estabelecer medidas de adaptação;
- levantamento dos impactos sobre a biodiversidade, especialmente sobre a vegetação de caatinga, matas ciliares e matas das encostas de serras;
- implementação de melhoramentos tecnológicos para captação, armazenamento e tratamento de água;
- desenvolvimento de culturas e sistemas agrícolas adaptados ao semiárido, no contexto de variabilidade e de mudança global do clima;
- definição, no âmbito dos estados da região Nordeste, de programas de conscientização e educação ambiental sobre mudança global do clima e vulnerabilidades, seus impactos e possíveis medidas de adaptação, com ênfase no semiárido.

### 1.3.5 Energia e recursos hídricos

- elaboração de mapas de vulnerabilidade climática por bacia hidrográfica, levando em consideração os usos múltiplos da água;
- redução da vulnerabilidade da geração no sistema elétrico a partir da integração entre fontes de energia e empreendimentos de diversas escalas;
- desenvolvimento de modelos para o setor de energia capazes de levar em conta os cenários de mudança global do clima, de modo a aumentar a confiabilidade dos resultados das simulações para o setor;
- desenvolvimento de estratégias para a integração — no âmbito de planejamento e operação da geração hidrelétrica, bem como de planos de recursos hídricos — dos aspectos ligados à mudança global do clima, para reduzir a vulnerabilidade da oferta de energia e água;
- revisão das regras operacionais das usinas hidrelétricas, levando em consideração os possíveis impactos da mudança global do clima;
- revisão dos arranjos de geração hidrelétrica do parque já instalado, principalmente em relação aos usos múltiplos da água, seja para períodos extremos de seca e cheia, seja para garantir uma melhor adaptação às necessidades de crescimento populacional e econômico das bacias hidrográficas;
- levantamento de fatores capazes de influir nos cultivos agrícolas para produção de álcool e biodiesel;
- P&D, demonstração e *deployment* que acelera a produção em escala comercial de biocombustíveis lignocelulósicos, no contexto do desenvolvimento sustentável regional;
- estabelecimento de estratégias para estimular uma maior integração continental e regional entre bacias hidrográficas e sistemas elétricos;
- fomento da Política Nacional de Recursos Hídricos, apoiando a implementação dos seus instrumentos de gestão (como os Planos de Recursos Hídricos, enquadramento de corpos de água, outorga e cobrança pelo uso da água) e do seu sistema de gerenciamento (como Comitês de Bacia Hidrográfica e Agências de Água);
- fomento da gestão de demanda de recursos hídricos (uso racional, usos múltiplos, reuso, equipamentos poupadores, controle de perdas);

- intensificação e ampliação dos programas de eficiência energética setoriais;
- fomento de uma política e incentivos econômicos produtivos para reduzir o consumo e aumentar a eficiência energética nos setores residencial, industrial e de serviços.

### 1.3.6 Zonas costeiras

- mapeamento e identificação das regiões mais suscetíveis e da evolução de sua ocupação, considerando, entre outras, áreas urbanas, regiões portuárias, vias públicas, atividades produtivas e biodiversidade;
- preservação e recuperação do acervo técnico sobre obras de engenharia costeira e portuária, incluindo informações cartográficas, desenhos técnicos, imagens e relatórios;
- elaboração de estudos de risco para zonas costeiras, contemplando aspectos ambientais, técnicos, de engenharia e socioeconômicos;
- implementação de um programa de monitoramento ambiental permanente e de longo prazo, envolvendo parâmetros meteorológicos, oceanográficos, geodésicos e geomorfológicos;
- implantação de uma rede de monitoramento ambiental para ecossistemas mais ameaçados (como manguezais, recifes de coral, etc.);
- atualização da cartografia náutica, como condição para a realização de estudos de engenharia costeira, e a compatibilização cartográfica (*datum* vertical e horizontal) entre os mapas do IBGE e as cartas náuticas da Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil – DHN<sup>277</sup>, com vista à construção de um Modelo Digital de Terreno – MDT para a zona costeira, incluindo áreas emersas e submersas;
- atualização da cartografia terrestre da faixa costeira entre 0m e 20m de altitude, com resolução vertical de 1m, ou maior, e *datum* vertical compatível com o das cartas náuticas, englobando toda a largura das planícies costeiras a partir da linha de costa;

277 Órgão da Marinha do Brasil que tem como propósitos apoiar a aplicação do Poder Naval, por meio de atividades relacionadas com a hidrografia, oceanografia, cartografia, meteorologia, navegação e sinalização náutica; garantir a qualidade das atividades de segurança da navegação que lhe couberem na área marítima de interesse do Brasil e nas vias navegáveis interiores; e, ainda, contribuir para projetos nacionais de pesquisa em águas jurisdicionais brasileiras e dos resultantes de compromissos internacionais. Para maiores informações *vide*: <<https://www.mar.mil.br/dhn/dhn/index.html>>.

- elaboração de diretrizes e de normas técnicas para obras costeiras e marítimas, que incorporem os possíveis impactos da mudança global do clima sobre obras e construções;
- desenvolvimento de técnicas de aprimoramento biológico de manguezais, visando ao reflorestamento;
- promoção do Gerenciamento Costeiro Integrado, a partir da integração de programas e planos de gestão de recursos hídricos e os de gerenciamento costeiro.

### 1.3.7 Áreas urbanas

- avaliação da vulnerabilidade e mapeamento das áreas de risco de alagamentos e de deslizamentos de encostas nas cidades;
- levantamento dos impactos econômicos, sociais e ambientais em relação a eventos de natureza climática, como inundações e deslizamentos;
- avaliação das possibilidades de abastecimento de água em grandes cidades e fontes alternativas de abastecimento de água em épocas emergenciais e pós-desastre;
- identificação de alternativas para moradia da população de baixa renda em áreas de risco;
- reformulação do sistema viário e de coleta de esgotos, em especial nas cidades litorâneas;
- regulamentação das construções, por meio do Código de Obras e do Plano Diretor, adaptando-os aos cenários futuros de mudança global do clima (aumento da temperatura, chuvas intensas e elevação do nível do mar);
- renaturalização (recriação de microclimas, revegetação, drenagem, revitalização de cursos d'água) das áreas urbanas;
- adoção de técnicas construtivas que se adaptem às temperaturas mais elevadas, tais como telhados ecológicos, prédios com iluminação e ventilação naturais, etc.

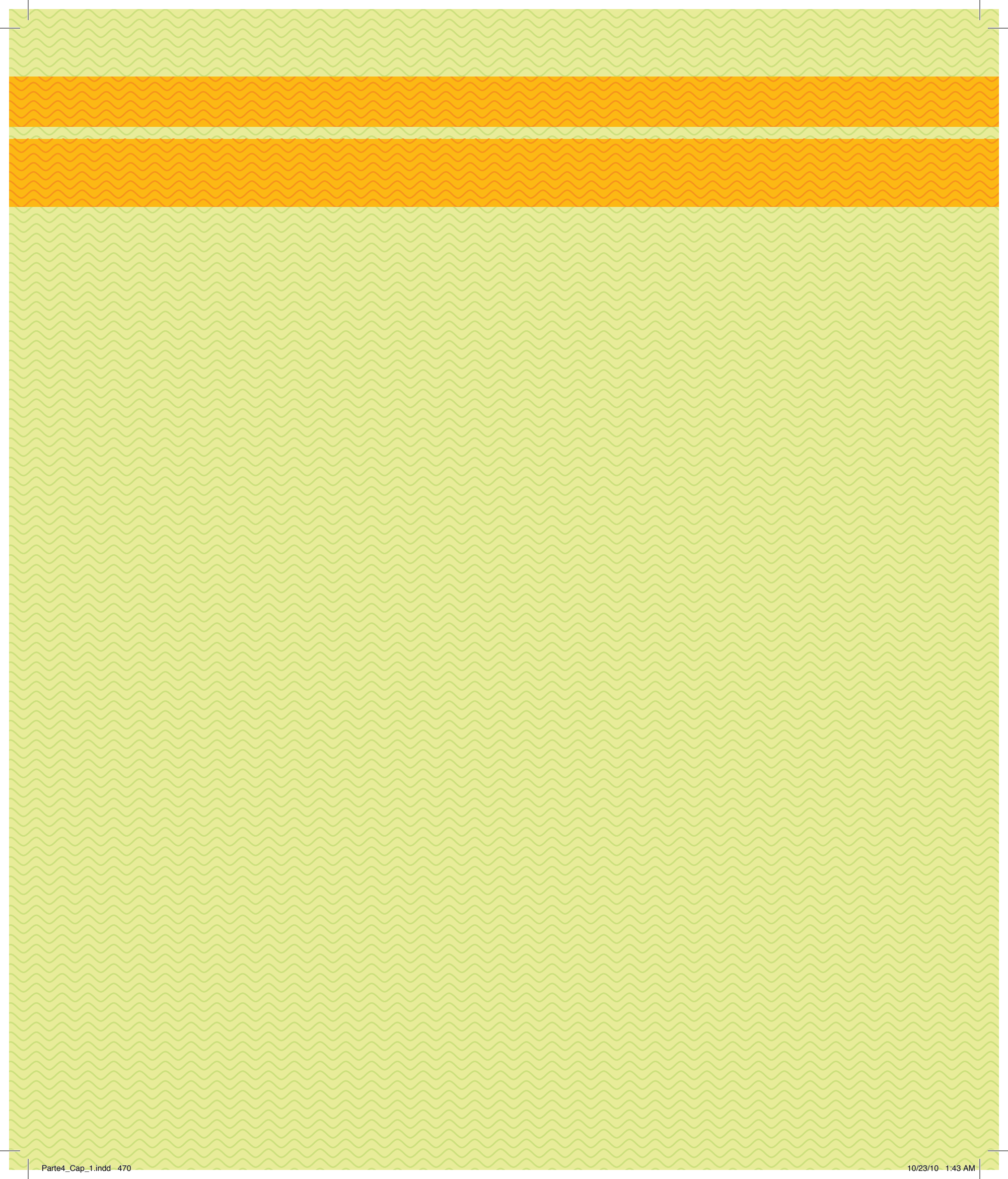
### 1.3.8 Saúde humana

- pesquisas visando ao desenvolvimento e à aplicação de métodos de análise da vulnerabilidade da população aos efeitos adversos do clima sobre a saúde;
- análise da capacidade adaptativa política e institucional do Sistema Nacional de Defesa Civil e outras entidades ligadas à saúde humana;

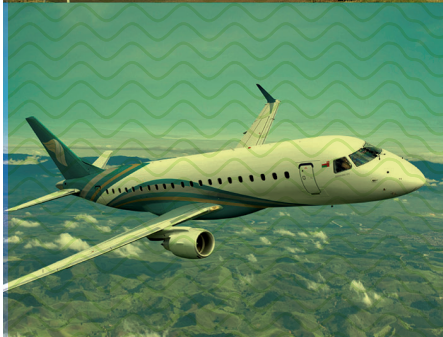
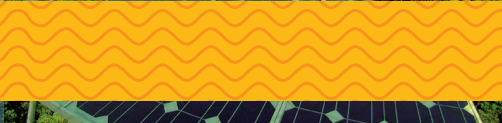
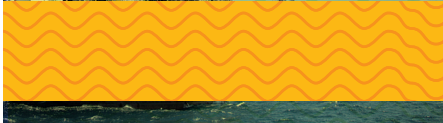
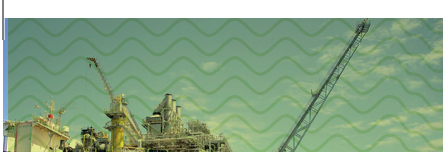
- atualização e ampliação dos estudos disponíveis, por meio da incorporação de dados e informações de outros setores que sejam de relevância direta, como determinantes do estado de saúde da população (qualidade/disponibilidade de água; segurança alimentar etc.);
- pesquisas para aprimoramento do modelo de previsão de morbi-mortalidade (Modelo Brasileiro de Clima e Saúde), com o objetivo de alertar precocemente a sociedade a partir de mudanças nas condições meteorológicas e climáticas;
- extensão dos estudos de modelagem climática regional para a produção de cenários de clima para períodos em menor espaço de tempo, visando à compatibilização com cenários socioeconômicos e de saúde;
- identificar os impactos da mudança global do clima na saúde humana e sua quantificação física e financeira, incluindo, entre outros, informações sobre a produção de alimentos, os custos de tratamento de doenças infecciosas endêmicas e de poluição atmosférica, morbi-mortalidade e impactos materiais;
- integração entre bancos de dados da Defesa Civil (municípios e estados) com órgãos de assistência médica, visando à melhoria na qualidade do registro de agravos à saúde causados por eventos climáticos extremos;
- instalação de sistemas direcionados de vigilância ambiental, epidemiológica e entomológica em localidades e para situações selecionadas, visando à detecção precoce de sinais de efeitos biológicos da mudança do clima (fenologia, distribuição geográfica de espécies, etc.).











# Capítulo 2

Pesquisa e Observação Sistemática



## 2 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 global 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 global do clima, como o Sistema de Observação do Clima Global - GCOS (da sigla em inglês de *Global Climate Observation System*), o Sistema de Observação Oceânica Global - GOOS (da sigla em inglês de *Global Oceanic Observation System*), a Rede Piloto de Pesquisa no Atlântico Tropical - Pirata (da sigla em inglês de *Pilot Research Moored Array in the Tropical Atlantic*), entre outros.

Dentre as iniciativas de pesquisa lideradas pelo Brasil, destaca-se o Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia - LBA, que visa a 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 global do clima são outros exemplos de pesquisas de grande relevância que

estão sendo desenvolvidas no país. Destacam-se, ainda, as pesquisas relacionando glaciologia e mudança do clima.

Finalmente, esta seção 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. A proposta visa promover uma mudança de paradigma ao definir um critério objetivo para avaliar a responsabilidade histórica 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 a 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.

### 2.1 Programas Mundiais de Clima

Várias iniciativas internacionais de pesquisa, geralmente realizadas sob os auspícios da OMM e do IPCC, são desenvolvidas em nível mundial. O Brasil participa, por meio dessas iniciativas, de um esforço global, para uma melhor compreensão da situação presente e as perspectivas futuras do clima no planeta, conforme apresentado na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 Participação do Brasil até 2010 nos programas mundiais de clima

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 e detecção da mudança do clima; aplicar essas informações para o desenvolvimento socioeconômico e pesquisar uma melhor compreensão, modelagem e previsão do clima.	INMET (A. D. Moura) INPE/CPTEC (L. A. T. Machado)
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 - WCRP (da sigla em inglês de <i>World Climate Research Programme</i> )		
Experimento Global de Energia e Ciclo da Água - GEWEX (da sigla em inglês de <i>Global Energy and Water Cycle Experiment</i> )	Estudar os processos atmosféricos e termodinâmicos que determinam o ciclo hidrológico global, seu equilíbrio e seu ajustamento às mudanças globais.	INPE (J. Marengo) USP (P. Silva Dias e M. A. Dias)

Previsibilidade e Variabilidade Climática – CLIVAR (da sigla em inglês de <i>Climate Variability and Predictability</i> )	Investigar as variabilidades do sistema climático e meios de prevê-las, 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. Estudos da Monção da América do Sul.	INPE (J. Marengo e C. Nobre) USP (P. Silva Dias)      UFPR (A. Grimm)
Processos Estratosféricos e seu Papel sobre o Clima – SPARC (da sigla em inglês de <i>Stratospheric Processes And their Role in Climate</i> )	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 (da sigla em inglês de <i>Arctic Climate System Study</i> )	Compreender as variações do Oceano Ártico e as mudanças que incluem os processos mar-gelo.	INPE (A. Setzer)
<b>Programa Internacional Geosfera-Biosfera – IGBP (da sigla em inglês de <i>International Geosphere-Biosphere Programme</i>)</b>		
Programa Internacional Geosfera-Biosfera - IGBP	Direção do Programa Internacional Geosfera-Biosfera – IGBP. Programa de pesquisa que estuda o fenômeno da mudança global do clima.	INPE (C. Nobre)
Mudança Global em Ecossistemas Terrestres – GCTE (da sigla em inglês de <i>Global Change and Terrestrial Ecosystems</i> )	Entender como as mudanças globais vão afetar os ecossistemas terrestres.	INPA (N. Higuchi)
Química Atmosférica Global Internacional – IGAC (da sigla em inglês de <i>International Global Atmosphere Chemistry</i> )	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 em escala de Paleoclimas – PAGES (da sigla em inglês de <i>Past Global Changes</i> )	Descobrir quais foram as mudanças climáticas e ambientais significativas que ocorreram no passado e quais foram suas causas.	INPE (J. Marengo)
Análise Global, Interpretação e Modelagem – GAIM (da sigla em inglês de <i>Global Analysis, Interpretation and Modelling</i> )	Desenvolver modelos prognósticos compreensivos do sistema biogeoquímico global e associar esses modelos com os do sistema climático.	INPE (C. Nobre)
<b>Painel Intergovenamental sobre Mudança do Clima - IPCC</b>		
Participação brasileira na elaboração do Relatório de Extremos Climáticos e Gerenciamento de Riscos - SREX (da sigla em inglês de <i>Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation</i> )	Elaboração do Relatório SREX-IPCC como “ <i>lead authors</i> ” relevante ao IPCC AR5.	INPE (J. Marengo, C. Nobre)
<b>Parceria do Sistema de Ciências da Terra – ESSP (da sigla em inglês de <i>Earth System Science Partnership</i>)</b>		
Projeto sobre o Sistema Global da Água – GWSP (da sigla em inglês de <i>Global Water System Project</i> )	Estudar como o sistema de recursos de água funciona e como poderia ser afetado por fatores humanos, no contexto de impactos e adaptação da sociedade.	INPE (J. Marengo)
<b>Capacitação</b>		
Mudanças climáticas e impactos nos ecossistemas e biodiversidade Andina - IAI-SCOPE (da sigla em inglês de <i>Scientific Committee on Problems of the Environment</i> )	Desenvolver estudos de impactos da mudança global do clima nos ecossistemas Andinos.	INPE (J. Marengo)

Sistema de Mudança Global para Análise, Pesquisa e Treinamento – START (da sigla em inglês de <i>Global Change SysTem for Analysis, Research and Training</i> )	Desenvolver um sistema de redes regionais de colaboração entre cientistas e instituições para realizar pesquisas sobre os aspectos regionais da mudança global, avaliar suas causas e impactos, bem como fornecer informações relevantes aos formuladores de políticas e aos governantes, principalmente aumentando a capacitação dos países em desenvolvimento.	INPE (C. Nobre)
	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 à mudança global do clima.	INPE (J. Marengo)

2.2 Programa Pirata

A Rede Pirata é um projeto envolvendo cientistas brasileiros, franceses e norte-americanos, implementado por meio de cooperação internacional envolvendo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, pelo Brasil; a Metéo France e Instituto de Pesquisas para o Desenvolvimento – IRD (sigla em francês de *Institut de Recherche pour le Développement*), pela França; e Administração Nacional Atmosférica e Oceânica dos EUA – NOAA (sigla em inglês de *National Oceanic and Atmospheric Administration*), pelos EUA. É considerado um dos cinco maiores programas oceanográficos do mundo. No Brasil, o Projeto Pirata é regido pelo Comitê Nacional do Projeto Pirata, que conta com cinco instituições, nominalmente o INPE, que o preside; a DHN; o Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo – IIOUSP; a Fundação Cearense de Meteorologia – FUNCEME; e o INMET. Também contribuem para o Projeto Pirata Brasil o Laboratório de Meteorologia de Pernambuco – LAMEPE e a Universidade Federal de Pernambuco – UFPE.

O projeto consiste na implantação, no Oceano Atlântico tropical, de um sistema piloto que permita a obtenção de dados atmosféricos e oceânicos, o qual contou com o lançamento e a manutenção de doze boias “Atlas” (da sigla em inglês de *Autonomous Temperature Line Acquisition System*), entre 1997 e 2000, ancoradas em alto mar, no meio do Oceano Atlântico e próximas ao Equador, até uma profundidade de cinco mil metros. Mais recentemente (junho/2010), conta com um total de dezessete sistemas ancorados, sendo dez do arranjo original ao longo do equador (35W, 23W, 10W, 0W) e nas longitudes 38W (4N, 8N, 12N e 15N) e 10W (6S, 10S), e sete em duas extensões sudoeste, lançada em 2005, e nordeste, em 2007. A extensão sudoeste da rede Pirata conta com três sistemas “Atlas”, ancorados ao longo da costa do Brasil nas latitudes de Recife, Salvador e Vitória, a aproximadamente 500 quilômetros do litoral. A extensão nordeste conta com quatro sistemas “Atlas”, sendo três ao longo do meridiano 23W sobre o Atlântico tropical norte e um em 20N na longitude 38W do arranjo original.

As boias, conjuntamente com marégrafos e estações meteorológicas dotadas de Plataformas de Coletas de Dados – PCD nos arquipélagos de São Pedro e São Paulo e no de Fernando de Noronha, medem a temperatura e a salinidade da camada superficial do mar até 500 m de profundidade e obtêm dados sobre as condições meteorológicas e o nível do mar da região. Os dados obtidos são transmitidos via satélite por meio dos serviços ARGOS<sup>278</sup> e INPE/SCD<sup>279</sup> e disponíveis em tempo “quase-real” na internet. Além desses, um subconjunto das boias do arranjo Pirata medem continuamente as concentrações de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> dissolvidos na água do mar. Na Figura 2.1 mostram-se esquematicamente a distribuição espacial e variáveis monitoradas na rede Pirata.

Os dados obtidos auxiliam os cientistas a compreender melhor as interações oceano-atmosfera e a própria circulação oceânica na região do Atlântico Tropical, possibilitando a formulação de modelos de previsão sazonal do clima nessa região e nas áreas continentais subjacentes.

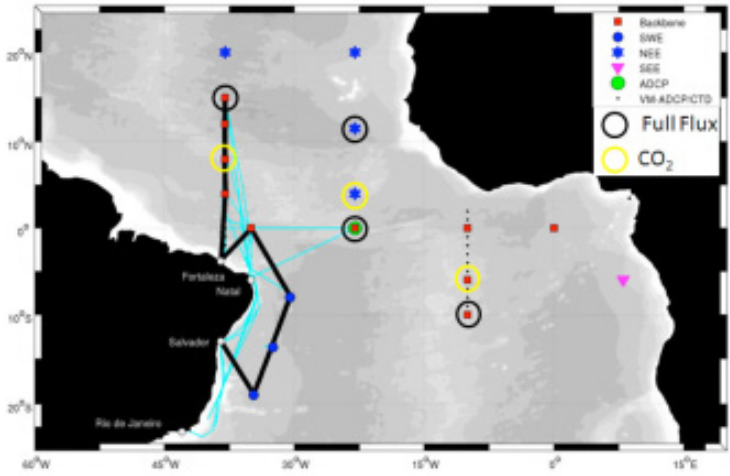
Durante a fase piloto do programa Pirata, de 1997 a 2000, avaliou-se os problemas logísticos, de engenharia e de manutenção que pudessem surgir na implementação de tal sistema de observação. Durante a fase de consolidação, de 2001 a 2007, foi testada a longevidade dos procedimentos de manutenção e aprimorados os aspectos logísticos de intercâmbio de materiais entre os EUA, Brasil e França. A partir de 2008, a rede entrou em sua fase “permanente”, ou seja, tornou-se uma rede de referência internacional de monitoramento do Atlântico Tropical, reconhecida pelos painéis WCRP/*Atlantic Panel* e o *Oceans Observations Climate Panel* – OOCOP. Além disso, as informações levantadas pelo Pirata são uma grande contribuição para o esforço internacional de pesquisa empreendido pelo Programa Mundial de Pesquisa Climática – WCRP (sigla em inglês de *World Climate Research Program*),

278 Argos é um sistema de satélite artificial que coleta, processa e dissemina informação ambiental desde plataformas fixas e móveis em todo mundo.  
279 SCD é satélite brasileiro de coleta de dados.



especialmente para as atividades posteriores ao *Tropical Ocean Global Atmosphere* – TOGA (CLIVAR-GOALS), que fez o monitoramento do Oceano Pacífico, nas mesmas diretrizes, entre 1985 e 1994.

**Figura 2.1 Arranjo das boias “Atlas” do Projeto Pirata em abril de 2009 e derrotas<sup>280</sup> das comissões oceanográficas Pirata-BR (abril de 2009)**



Nota: A linha marcada em preto representa a derrota da comissão Pirata BR-XI.  
Fonte: NOBRE & URBANO, 2010.

A construção das boias, a montagem dos equipamentos e a sua manutenção estão sendo financiados pela NOAA. O Brasil foi responsável pela instalação de sete boias entre 1998 e 1999 e três sistemas adicionais em 2005, dois marégrafos e estações meteorológicas situadas em Fernando de Noronha (pelo LAMEPE) e nos Arquipélagos de São Pedro e São Paulo (pela cooperação entre a DHN e o INPE), com gastos que ultrapassam US\$ 15 milhões em custos de equipamentos e despesas com tempo de navio, da ordem de quarenta dias de mar por ano no período de 1998 a 2009.

O Brasil tem grande interesse no 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 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.

<sup>280</sup> O termo “derrota” significa o trajeto seguido pela embarcação durante um cruzeiro oceanográfico.

Com mais de 350 mil arquivos de dados distribuídos somente pela página do PMEL/NOAA gratuitamente via *internet* e 85 artigos publicados em revistas com corpo editorial no período de 1998 a 2008, o Projeto Pirata constitui-se em uma demonstração de sucesso científico e de exemplo de cooperação internacional com vista ao monitoramento oceânico global para estudos de variabilidade climática e de mudança global do clima. Artigo científico sobre os principais resultados e aprendizagens durante os primeiros dez anos de existência do Projeto Pirata (1998-2007) foi publicado no Boletim da Sociedade Americana de Meteorologia – BAMS (sigla em inglês de *Bulletin of the American Meteorological Society* – BAMS), em agosto de 2008 (BOURLÉS et al., 2008).

### 2.3 Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia - LBA

Em 2007, o LBA<sup>281</sup> tornou-se um programa de governo, renovando a agenda de pesquisa iniciada em 1998, quando era mantido por acordo de cooperação internacional. O LBA é uma rede que reúne inúmeros pesquisadores cujo objetivo é o de entender o papel da Amazônia como uma entidade regional no sistema Terra. A pesquisa no LBA é orientada pelo reconhecimento de que a Amazônia está sob processos de rápidas e intensas transformações, relacionadas a seu desenvolvimento e ocupação. Assim, busca-se entender como as mudanças no uso da terra e no clima poderão afetar os processos biológicos, químicos e físicos, e também o desenvolvimento sustentável da região, além de sua interação com o clima global.

O LBA é centrado em duas questões tratadas por meio de pesquisas multidisciplinares que integram estudos em ciências físicas, químicas, biológicas e sociais:

- Como a Amazônia funciona como uma entidade regional?
- Como as mudanças do uso da terra e do clima afetam as funções biológicas, químicas e físicas da Amazônia, incluindo a sustentabilidade da região e a influência da Amazônia no clima global?

#### 2.3.1 Primeira Fase do LBA

As atividades no LBA cobriram sete componentes de pesquisa: clima físico; dinâmica do carbono; biogeoquímica; química atmosférica; hidrologia de superfície e química da água; mudanças do uso e cobertura da terra; e dimensões humanas das mudanças ambientais na Amazônia. Os seis

<sup>281</sup> Vide <<http://lba.cptec.inpe.br/lba/index.html>>.

primeiros temas foram desenvolvidos em seu plano científico inicial (LBA – Plano Científico Conciso, 1996) enquanto o sétimo foi incorporado a partir de uma recomendação do Comitê Científico Internacional do LBA, em 2002.

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. A rede está delineada para tratar das questões principais levantadas na Convenção e proporciona uma base de conhecimentos voltada ao uso sustentável da terra na Amazônia. Para tanto, dados e análises são utilizados para definir o estado presente do sistema amazônico e sua resposta às perturbações atuais, e podem ser 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 gera 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 para o desenvolvimento sustentável.

O LBA foi complementado com um grupo de módulos de pesquisa, cada um dos quais com um subconjunto de objetivos e com financiamento específico. As contribuições do Brasil cobrem todos os módulos. Durante a primeira fase, uma contribuição fundamental foi dada pelo módulo LBA-ECO da NASA, no âmbito de um Termo de Ajuste Complementar ao Tratado de Cooperação Científica Brasil-Estados Unidos. Outros módulos de pesquisa importantes incluem: *Tropical Rainfall Measuring Mission* – LBA – TRMM-LBA, *Atmospheric Mesoscale Campaign* – AMC, *Cooperative LBA Airborne Regional Experiment* – CLAIRE, *European Studies on Trace Gases and Atmospheric Chemistry* – EUSTACH, *Brazilian-European Study of the Carbon Cycle of Amazonia* – CARBONCYCLE e LBA-HYDROMET. O LBA executou as pesquisas no âmbito de cada módulo de forma paralela, integrando o conhecimento por meio de várias medidas: planejamento conjunto dos programas; compartilhamento de sítios de pesquisa, equipamentos e apoio logístico; intercâmbio de dados por meio do Sistema de Dados e Informações do LBA – LBA-DIS; desenvolvimento de modelos de simulação acoplando processos-chave da química, da física e da biolo-

gia atuando em várias escalas temporais e espaciais; síntese conjunta e integração de resultados. A coordenação científica dessas atividades depende das recomendações do Comitê Científico do LBA – CC-LBA.

Durante a primeira fase do LBA, os módulos principais de pesquisa deram origem a atividades de campo em 1998 e a maioria dessas atividades foi concluída até 2005. O desenho dos trabalhos de campo cobriu gradientes de clima e de uso e cobertura da terra, baseado em regiões da Amazônia onde a conversão da floresta ou a exploração seletiva de madeira afetavam a estrutura da paisagem. A cooperação, articulação e compartilhamento da infraestrutura permitiram ao Brasil a implementação dessa experiência científica singular em termos mundiais.

### 2.3.2 Resultados da Primeira Fase do LBA

No contexto de mudança do clima e seus impactos esperados, há a projeção de que até o final do século, 43% das 69 espécies arbóreas estudadas estejam extintas na Amazônia (MILES *et al.*, 2004). O maior impacto seria sentido no nordeste da Amazônia e o menor impacto no oeste, em termos de redistribuição de espécies e biomas. Quarenta por cento das florestas na Amazônia reagiriam sensivelmente a uma leve redução da precipitação; isso pode significar que a vegetação tropical, a hidrologia e o sistema climático na América do Sul mudariam rapidamente para outro estado, não necessariamente apresentando etapas graduais entre a situação atual e a futura.

Da mesma forma que avanços significativos foram realizados no conhecimento da física do clima, da química atmosférica e de mecanismos da hidrologia de superfície na Amazônia, o LBA também promoveu estudos sobre os ciclos biogeoquímicos, mas ainda não resolveu definitivamente se a região é uma fonte ou um sumidouro de carbono.

O LBA já produziu muitos resultados sobre o ciclo do carbono em ecossistemas naturais e em áreas afetadas pela mudança do uso da terra. Pesquisas baseadas nas parcelas do projeto RAINFOR em toda a Amazônia mostraram uma forte tendência de crescimento da floresta e de acúmulo de biomassa aérea (MALHI *et al.*, 2004). Essa tendência é especialmente acentuada nas florestas do oeste amazônico, mas sua causa permanece desconhecida. Medidas de fluxos de CO<sub>2</sub> também mostram uma tendência predominante de armazenamento de carbono pelas florestas, com exemplos de sítios que parecem ter sofrido perturbações ecológicas, como evidenciado pelas grandes quantidades de madeira morta (SALESKA *et*

*al.*, 2003). Esses estudos de fluxos também mudaram a concepção sobre a sazonalidade das florestas amazônicas. Vários sítios mostraram maior armazenamento líquido de carbono durante a estação seca, em comparação com a estação chuvosa, possivelmente devido à disponibilidade de água em solos profundos.

Nos estudos desenvolvidos na primeira parte do programa LBA demonstrou-se que as mudanças do uso e cobertura da terra, como a conversão de florestas em pastagens, alteram substancialmente as características físicas e químicas de rios de primeira e segunda ordem, influenciando a estrutura e o funcionamento de pequenos rios.

Foi também demonstrado que as áreas ciliares podem ter uma importância regional desproporcional ao tamanho de suas áreas. Existem indicações preliminares de que parte do CO<sub>2</sub> fixado via fotossíntese nas florestas de terra firme seja decomposto nessas áreas ripárias, sendo transformado novamente em CO<sub>2</sub> ou CH<sub>4</sub>. Os mecanismos de transporte dessa matéria orgânica para as áreas ciliares ainda é incerto, como também é incerta a magnitude dessas transformações.

Na primeira fase do LBA, quatro questões centrais definiam a componente de mudanças de uso e cobertura da terra: quais são as taxas e mecanismos de conversão de florestas em campos de cultivo, e qual é a importância relativa destes usos de terra; a que taxas áreas abandonadas são convertidas em florestas secundárias, qual o destino dessas áreas e quais são os padrões dinâmicos de conversão e abandono de terras; qual a área de floresta afetada anualmente pela exploração madeireira; quais são os possíveis cenários de futuras mudanças de cobertura de terra na Amazônia.

Obteve-se um avanço significativo no entendimento da intensidade e extensão da exploração madeireira na Amazônia e nos possíveis danos ambientais causados por essa atividade. Estudos inovadores indicaram que a exploração madeireira era mais significativa em termos de área e com impactos sobre áreas remanescentes. Aproximadamente 16% da área explorada converte-se em área desmatada no ano seguinte e cerca de 32% é desmatada em 4 anos. Isto significa que a exploração madeireira não precede imediatamente o desmatamento, mas é sim uma forma de distúrbio em si e aumenta a área sob impacto de atividades humanas (ASNER *et al.*, 2005).

Assim, a mudança do uso da terra pode afetar os processos ambientais, especialmente os relacionados ao funcionamento de ecossistemas em longo prazo (DEFRIES *et al.*, 2004). Essas mudanças de longo prazo foram avaliadas por meio da análise de vários resultados do LBA (FOLEY *et*

*al.*, 2007). Resultados indicaram quatro exemplos de processos ambientais negativamente afetados pelo desmatamento e degradação florestal: armazenamento de carbono, fluxo hidrológico, influência sobre o clima regional e vetores de doenças.

Mesmo tomando como ponto de partida as duas questões fundamentais do LBA – compreender como a Amazônia funciona como um sistema regional e como mudanças de uso e cobertura da terra e do clima podem afetar esse funcionamento – o LBA não pretendeu ignorar uma terceira questão, a da posição do homem diante das mudanças ambientais regionais e globais (ALVES *et al.*, 2004).

Esforços significativos de ação foram desenvolvidos sobre as pesquisas em dimensões humanas das mudanças ambientais na Amazônia no âmbito do LBA. Em um primeiro momento, parcerias *ad-hoc* foram incentivadas a discutir questões científicas identificadas pela comunidade do Programa, em particular para um melhor entendimento dos processos de mudança do uso e cobertura da terra. Esta ação catalisou a construção de pontes mais sólidas com as ciências sociais, inicialmente trazendo cientistas sociais para seu Comitê Científico e depois promovendo iniciativas sistemáticas ou programáticas. Entre essas iniciativas, um levantamento da produção científica em ciências humanas, seminários e cursos dedicados ao tema e várias publicações podem ser considerados como os resultados mais significativos deste componente do projeto (BECKER *et al.*, 2007).

### 2.3.3 Proposta para uma Segunda Fase do LBA

Do ponto de vista científico, apesar dos notáveis avanços nos últimos anos, ainda existem importantes lacunas de conhecimento que motivam a segunda fase do LBA. Entre estas, destacam-se:

- o futuro da floresta amazônica e seu papel no sistema global;
- processos ambientais da floresta;
- absorção de CO<sub>2</sub> na biomassa florestal e ecossistemas amazônicos;
- relação entre desmatamento, quantidade e padrão de precipitação;
- taxas de deposição seca e úmida de nutrientes na Amazônia;



- integração dos processos que ocorrem na Amazônia pré-andina;
- indicadores e modelos de sustentabilidade;
- relação da mudança do clima e meio ambiente com a saúde humana;
- escalonamento dos estudos de escala local para regional;
- aspectos socioeconômicos ligados à mudança do uso e cobertura das terras;
- mudanças nos sistemas de produção na Amazônia;
- biotecnologia e as cadeias produtivas regionais.

## 2.4 Modelagem Climática sobre a América do Sul Utilizando o Modelo Regional Eta para Previsão de Tempo, Clima e Projeções de Cenários de Mudança do Clima

O modelo Eta é um modelo atmosférico completo para produzir simulações numéricas de tempo e clima. No Brasil, o modelo é utilizado pelo INPE e passa por desenvolvimentos no CPTEC<sup>282</sup>, sendo identificado geralmente como Eta-CPTEC. Esse modelo, de área limitada, tem seu domínio sobre o continente sul-americano e inclui parte dos oceanos Atlântico e Pacífico adjacentes. O modelo roda operacionalmente no modo de previsão de tempo para prazos de até 11 dias de antecedência em 40 km; 7 dias em 20 km; e 3 dias em 5 km; neste último caso, somente para a região Sudeste. Atualmente, também é rodado para gerar previsões climáticas sazonais, com resoluções horizontais de 40km. Devido à maior resolução espacial, o modelo regional pode resolver melhor a orografia e as características da superfície que os modelos globais ou Modelos de Circulação Geral – GCMs (da sigla em inglês de *Global Circulation Models*). Para a América do Sul, com a presença marcante da Cordilheira dos Andes, a resposta do modelo a sistemas sinóticos e subsinóticos é crucial, em particular para as regiões Sul e Sudeste, frequentemente afetadas por fenômenos meteorológicos como frentes frias e células convectivas profundas.

O modelo Eta-CPTEC mostrou ser capaz de produzir previsão climática com meses de antecedência para a América

do Sul em rodadas contínuas. Os resultados foram comparados às previsões do GCM, a fim de avaliar a contribuição positiva das rodadas regionais. As previsões sazonais climáticas com o modelo regional mostraram que a maior resolução pode fornecer mais detalhes às previsões, particularmente nos casos de temperatura próxima à superfície e de chuva. 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 Amazônia. Dessa forma, as previsões sazonais contínuas e operacionais similares àquelas realizadas com um modelo global de clima<sup>283</sup> são realizadas com o modelo regional Eta. Uma nova versão com mais camadas de solo, dinâmica e física modificadas está sendo desenvolvida e testada no CPTEC. Uma avaliação das previsões com relação à versão anterior está em andamento. Uma vez que os índices de acerto se mostrem superiores, uma climatologia de 10 anos será construída e a nova versão substituirá a anterior na geração das previsões climáticas sazonais.

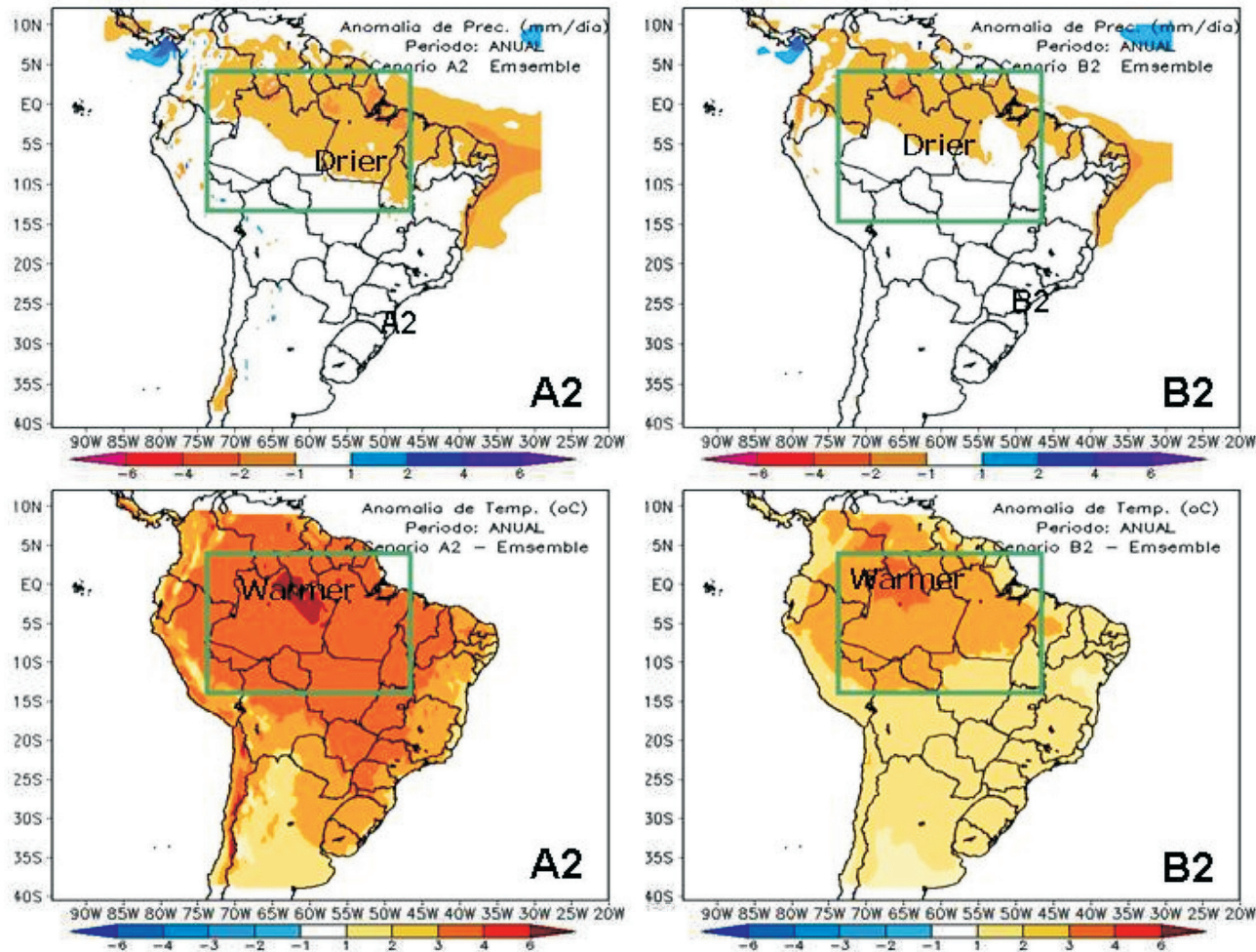
Uma versão do modelo Eta (chamado do Eta CCS – *Climate Change Studies*) foi usado para gerar cenários futuros de clima para o período 2071-2100, no contexto do projeto MMA-PROBIO e GOF-UK (Governo Britânico) (MARENGO *et al.*, 2009). As projeções médias para o período 2071-2100 para Amazônia variam de 4-8 °C para o cenário de altas emissões (pessimista) A2 e 3-5 °C para o cenário de baixas emissões (otimista) B2 (Figura 2.2), com grande variação espacial. Para a região Nordeste, o aquecimento pode chegar a 4 °C no cenário pessimista A2 e a 2-3 °C no cenário otimista B2. No cenário A2, o aquecimento nas regiões Centro-Oeste e Sudeste pode chegar até 4-6 °C enquanto que o cenário B2 apresenta valores até 2-3 °C. No Sul, o cenário A2 sugere aquecimento da ordem de 3-4 °C no cenário A2 e até 2-3 °C no cenário B2. Ainda que o aquecimento seja maior na região tropical da América do Sul para os vários modelos regionais utilizados, as projeções desses modelos diferem sobre onde se dá o maior aquecimento (acima de 8 °C): na Amazônia oriental ou na Amazônia ocidental, depende do modelo regional utilizado. Cabe ressaltar que o modelo versão Eta CCS, usado nestas rodadas, não considera aumentos na concentração de CO<sub>2</sub>.

Mais recentemente, novas rodadas foram executadas com uma nova versão do modelo, o Eta-CPTEC, que utiliza as condições do modelo HadCM3, um modelo global com oceano-atmosfera acoplados, o qual considera mudanças na concen-

282 Vide nesta Parte seção 4.6 sobre Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC/INPE.

283 Vide Parte III.B.1 sobre Programa de Modelagem de Cenários Futuros de Mudança do Clima.

**Figura 2.2 Anomalias anuais de chuva (painel superior, em mm/dia) e temperatura (painel inferior, em °C) para América do Sul, período 2071-2100 em relação a 1961-90, para os cenários IPCC A2 (pessimista) e IPCC B2 (otimista)\*.**



\* As projeções representam a média aritmética dos cenários produzidos pelos modelos regionais Eta CCS, RegCM3 e HadRM3P (50 km de resolução).  
Fonte: AMBRIZZI et al., 2007.

tração de CO<sub>2</sub> efetivo<sup>284</sup>, a variação do estado da vegetação, bem como utiliza diferente esquema de nuvens. Os resultados das rodadas com a nova versão do modelo têm mostrado melhor qualidade na representação da chuva, temperatura e ventos quando comparado com dados observacionais do clima presente, de 1961-1990. Os cenários futuros foram produzidos para o período desde 2011-2100, com 4 membros (variações) das rodadas do Modelo HadCM3. Esta nova versão foi desenvolvida no contexto do projeto da Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção (MCT/PNUD Projeto BRA/05/G31)<sup>285</sup>. Espera-se, numa próxima fase, introduzir mais gases de efeito estufa, a partir da mudança do esquema de radiação do modelo, além de incluir um esque-

ma com vegetação dinâmica que permita verificar as respostas dos tipos de biomas, da vegetação natural e dos solos predominantes ao estado climático futuro. Além disso, melhorias no mapeamento da superfície estão sendo buscadas.

Atualmente, o INPE está desenvolvendo o Modelo Brasileiro do Sistema Climático Global - MBSCG<sup>286</sup>. O desenvolvimento deste modelo reúne a comunidade brasileira de especialistas em estudos e modelagem do sistema climático e suas componentes (atmosfera, oceanos, biosfera, criosfera<sup>287</sup>, aerossóis e química, métodos computacionais) para desenhar os seus atributos e mecanismos. Até o momento, o processo de construção do MBSCG resultou em uma maior integração entre as equipes de pesquisadores das instituições envolvi-

284 Recebe a denominação de CO<sub>2</sub> efetivo porque os efeitos dos outros gases estão no CO<sub>2</sub>. Os perfis de CO<sub>2</sub> dos cenários são baseados em CO<sub>2</sub> efetivo, pois nem todos os modelos têm a complexidade de incluir os processos radiativos de todos os gases e aerossóis de efeito estufa.

285 Vide Parte III seção B.1.1 sobre Modelo Eta-CPTEC.

286 Vide Parte III seção B.1.2 sobre Modelo Brasileiro do Sistema Climático Global - MBSCG.

287 Regiões cobertas permanentemente por gelo e neve.

das no projeto. Como resultado, o MBSCG, que atualmente utiliza o modelo componente atmosférico do CPTEC/INPE, também contará com a possibilidade de integração com o modelo componente atmosférico do CSIR (da sigla em inglês de *Council for Scientific and Industrial Research*), da África do Sul. Na parte de modelagem de processos de superfície, a inclusão da modelagem de fogo florestal e os impactos das plumas de fumaça na circulação e composição química atmosférica são destaques dos desenvolvimentos em curso. Na modelagem oceânica, principais resultados incluem o acoplamento do modelo oceânico MOM4 versão p0 com o modelo atmosférico global do CPTEC.

O modelo componente de superfície, chamado *Integrated Land Model* - INLAND, está em desenvolvimento a partir do modelo *Integrated Biosphere Simulator* - IBIS, o qual conta com ciclo de carbono terrestre, fotossíntese e processos ecofisiológicos, dinâmica de vegetação e modelo hidrológico de superfície com roteamento de rios. Ao modelo IBIS serão agregados modelo de fogo florestal (natural e antropogênico) e detalhamento da cobertura vegetal sobre a América do Sul. O modelo de superfície também incorporará modelo hidrológico de superfície de alta resolução espacial e representação de áreas alagáveis, além de modelo de culturas agrícolas, que deverá representar, pelo menos, quatro das principais culturas agrícolas brasileiras. Estão em andamento as inclusões do modelo CATT (da sigla em inglês de *Coupled Aerosol and Tracer Transport model*) de modelagem química e dos aerossóis no modelo atmosférico global do CPTEC.

Pretende-se refletir os esforços do desenvolvimento do Modelo Brasileiro do Sistema Climático Global - MBSCG nos estudos de impactos, vulnerabilidade e adaptação no âmbito da Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção.

## 2.5 Programa Antártico Brasileiro - Proantar

A condição do Brasil como país atlântico, sétimo mais próximo da região antártica, bem como as influências dos fenômenos naturais ali ocorrentes sobre seu território, justificam o histórico interesse brasileiro sobre o continente austral. O Brasil aderiu ao Tratado da Antártica em 1975, tendo desenvolvido, em 1982, o Programa Antártico Brasileiro - Proantar/Brasil, que estabeleceu diretrizes políticas para as explorações científicas naquele continente, considerando sua importância para a humanidade e especialmente para o Brasil. O programa é uma ação governamental gerenciada pela Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar - SECIRM.

A região antártica é componente essencial do sistema ambiental global. A região de atuação do Brasil na Antártica apresenta uma das mais rápidas respostas às mudanças globais na última década. Processos atmosféricos, oceânicos e criosféricos que lá ocorrem afetam diretamente o clima do Brasil. O continente e o oceano que circunda a Antártica funcionam como laboratório vivo, em especial em assuntos relacionados à mudança do clima. A pesquisa antártica brasileira contempla, a compreensão das interações entre sistemas e processos naturais na Antártica com os que têm lugar em regiões terrestre, marinha e espacial do Brasil.

O Programa Antártico Brasileiro é um programa de Estado cujo objetivo maior é a ciência. Este programa vem apoiando projetos de pesquisa de forma ininterrupta há mais de 28 anos. Como resultado desse esforço, séries históricas e contínuas de dados coletados na Antártica garantem papel ativo nacional nas decisões sobre a preservação ambiental e o futuro político da região e do oceano austral.

A participação científica brasileira na Antártica é organizada pelo MCT, que apoia por meio CNPq o fomento à pesquisa glaciológica brasileira. No âmbito do MCT, foi também criado o Comitê Nacional de Pesquisas Antárticas - Conapa, com o propósito de definir as diretrizes científicas do Proantar. O Conapa recentemente aprovou a Política Nacional de C&T na Antártica, um marco da crescente importância que o Brasil dá à pesquisa naquela região. Tal política atende aos compromissos assumidos pelo país nos atos internacionais dos quais é signatário, que estabelecem a moldura jurídica geral e orientam as ações dos países naquela região. Estas visam a alcançar objetivos comuns de uso da Antártica para fins pacíficos, especialmente por meio da pesquisa científica, da livre troca de informações e da proteção ao meio ambiente, inseridos no regime conhecido como Sistema do Tratado da Antártida. O caráter interdisciplinar e a integração de esforços de pesquisadores de diferentes especialidades, bem como a cooperação internacional, têm sido fortemente estimulados, como prevê a Política Nacional de C&T para a Antártica.

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 e Navio Polar Almirante Maximiano, a instalação e manutenção de acampamentos glaciológicos, assim como o transporte de pesquisadores. Essas últimas atividades contam ainda com a colaboração da Força Aérea Brasileira - FAB. Atualmente, apoio logístico para expedições glaciológicas também é contratado na iniciativa privada, com recursos do MCT.



### 2.5.1 A Investigação da Criosfera: Programa Antártico e Andes

A investigação da massa de gelo planetária (a criosfera) pela comunidade científica brasileira teve rápido avanço desde a Comunicação Nacional Inicial do Brasil à Convenção. Tal crescimento deve-se ao reconhecimento do papel do manto de gelo do continente antártico (13,6 milhões de quilômetros quadrados de gelo com espessura média de 1.829 m, 90% do volume da criosfera) como um dos controladores do sistema climático sul-americano. Essa enorme massa fria tem papel tão importante quanto a Amazônia na circulação atmosférica global. Esse gelo, se derretido totalmente, equivaleria a um aumento de 60 metros no nível médio dos mares. Qualquer pequena modificação nele, por consequência, terá implicações importantes para o país e especialmente para as regiões costeiras. O gelo antártico é extremamente sensível às mudanças ambientais e poderá reagir de maneira brusca, ainda não totalmente conhecida, à mudança do clima ocasionada pela ação humana. Dessa maneira, a comunidade glaciológica está interessada principalmente em entender como esse gelo interage com outras partes do sistema ambiental terrestre, sua resposta às mudanças globais (principalmente àquelas devidas à atividade humana), e em monitorar mudanças no volume e extensão do gelo planetário.

O interesse científico na região também é justificado pela importância dos estudos da estratigrafia e química da neve do gelo polar e de geleiras de altitude que fornecem uma das melhores técnicas paleoclimáticas, possibilitando a reconstrução da evolução da atmosfera ao longo dos últimos 800 mil anos. Cabe ressaltar que a determinação das concentrações de gases estufa ( $\text{CO}_2$  e  $\text{CH}_4$ ) no passado só é possível por essa técnica.

Ao longo dos últimos cinco anos, o aumento dos investimentos, oriundos principalmente de recursos do MCT, na pesquisa antártica brasileira e na América do Sul, possibilitou o rápido avanço da pesquisa da criosfera, com os seguintes pontos de destaque:

- Participação em várias expedições científicas para coleta e análise de testemunhos de gelo que permitem investigar as conexões climáticas entre a Antártica e América do Sul ao longo dos últimos 1.000 anos.
- Início das pesquisas glaciológicas brasileiras na Andes, incluindo as primeiras investigações sobre o papel das geleiras bolivianas e peruanas no balanço hídrico da bacia do Rio Madeira (parte da bacia do rio Amazonas).

- Criação de um Centro Polar e Climático – CPC na Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, em Porto Alegre – RS, para liderar a pesquisa glaciológica brasileira na Antártica, América do Sul e, em breve, no Ártico.
- Criação e implementação do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia da Criosfera, envolvendo 7 laboratórios conveniados em quatro estados do país e sob a coordenação geral do CPC/UFRGS. O programa inclui a montagem do laboratório nacional de testemunhos de gelo e o laboratório de sensoriamento remoto da criosfera.

## 2.6 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 histórica de cada país em termos de causar o efeito estufa. O segundo elemento estabeleceu a ideia de um Fundo de Desenvolvimento Limpo para substituir o conceito impopular na época de implementação conjunta 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. Esse critério está intimamente ligado à realidade física do aquecimento provocado pelo efeito estufa, uma propriedade não aplicável às emissões absolutas. Além disso, a temperatura média da superfície global pode ser usada como um indicador do aquecimento global, e a atribuição da responsabilidade histórica do país pode ser feita em termos da contribuição relativa de cada país 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 à mesma.

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 do clima é o aumento médio da temperatura da superfície da Terra que corresponde à duplicação da concentração de  $\text{CO}_2$ , em relação à concentração antes da Revolução Industrial, que era de 280ppmv. O intervalo provável para a sensibilidade do clima está entre 1,5°C e 4,5°C. Futuros aperfeiçoamentos, na medida em 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 contribuir para 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 das responsabilidades comuns mas diferenciadas, 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 Convenção<sup>288</sup>.

288 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.

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  $\text{CO}_2$  dos setores de energia e de cimento para cada país no período de 1950 a 1990 foram utilizados<sup>289</sup>, 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  $\text{CO}_2$ , de acordo com o Segundo Relatório de Avaliação do IPCC. Além disso, o tempo de vida relativamente curto do  $\text{CH}_4$  na atmosfera tende a diminuir a importância das emissões históricas desse gás.

A proposta brasileira questiona que o Potencial de Aquecimento Global – GWP não representa de forma adequada a contribuição relativa dos diferentes gases de efeito estufa à mudança do clima. O uso do GWP para o metano propiciaria, então, políticas inadequadas de mitigação. Além disso, o seu uso enfatiza sobremaneira, e de modo errôneo, a importância dos gases de efeito estufa com curtos períodos de permanência na atmosfera.

Meira Filho & Miguez (2000) demonstraram que o GWP do IPCC é um caso especial do potencial de aquecimento global generalizado. Entre as métricas apresentadas no AR4 do IPCC está o *Global Temperature Potential* – GTP, descrito por Shine *et al.* (2005), que implementa o potencial de aquecimento global generalizado, conforme proposto em 2000.

Por esses motivos, as emissões de  $\text{CO}_2$  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 de revisão desse modelo foi estabelecido no âmbito do Órgão Subsidiário de Assessoramento Científico e Tec-

289 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 <<http://cdiac.esd.ornl.gov/>>.

nológico da Convenção – SBSTA (sigla em inglês de *Subsidiary Body on Scientific and Technical Assessment*) para considerar a proposta brasileira<sup>290</sup>. Vários países também estabeleceram grupos de cientistas para analisar a nova abordagem proposta.

O SBSTA, em sua 28ª sessão, decidiu concluir as suas considerações sobre o assunto. Nesta mesma sessão, o SBSTA concordou que o trabalho realizado até o momento no âmbito da proposta brasileira tinha estabelecido uma metodologia robusta para quantificar contribuições históricas à mudança do clima e que seu trabalho forneceu informações muito úteis. O SBSTA observou que há incertezas em relação aos dados referentes a emissões históricas, particularmente em

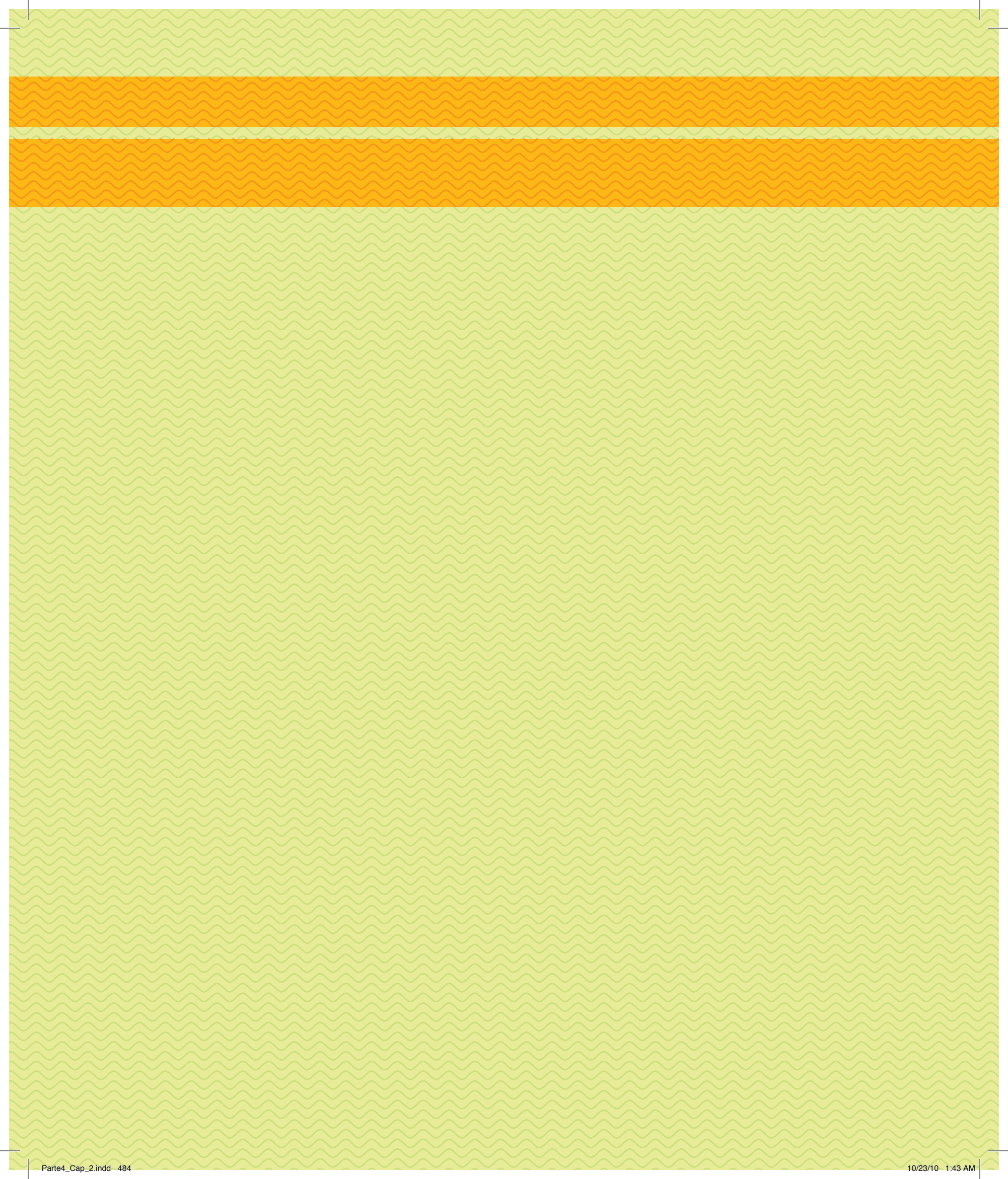
relação à mudança do uso da terra e florestas. O SBSTA também notou que os resultados do trabalho realizado no âmbito da Proposta Brasileira pode ser relevante para o trabalho das Partes no âmbito de outros órgãos e outros processos no âmbito da Convenção e de seu Protocolo de Quioto<sup>291</sup>.

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. No entanto, é inegável que a Proposta Brasileira tem representado um importante passo nesse sentido.

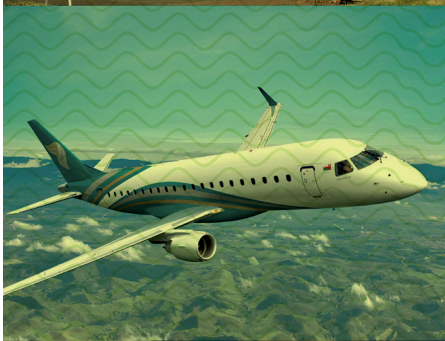
290 Vide <[http://unfccc.int/methods\\_and\\_science/other\\_methodological\\_issues/items/1038.php](http://unfccc.int/methods_and_science/other_methodological_issues/items/1038.php)>.

291 FCCC/SBSTA/2008/6, parágrafos 109-113.









# Capítulo 3

Educação, Treinamento e  
Conscientização Pública



### 3 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”. Além do mais, o artigo 6º da Convenção aborda diretamente esta questão.

O fato de que o país foi o anfitrião da Cúpula da Terra em 1992, facilitou o acesso dos brasileiros às questões relativas à mudança do clima. Contudo, em geral, a maior parcela da população ainda não tem informações mais específicas sobre mudança do clima, tampouco, da Convenção, embora o assunto venha sendo abordado pela mídia, de forma crescente. Entretanto, reconhece-se que a mudança global do clima se trata de uma questão técnica e complexa, difícil de ser compreendida por não-especialistas.

Apesar dessas dificuldades, tem-se ampliado a educação, a conscientização pública e o treinamento sobre as questões relacionadas à mudança do clima.

A página de *internet* brasileira sobre mudança do clima do MCT tem contribuído para o aumento da conscientização pública sobre o assunto, na medida em que disponibiliza-se 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 desconhecido no país.

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.

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 institui-

ções 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, bem como divulgar amplamente atitudes com esse fim.

#### 3.1 Conscientização no Brasil sobre as Questões Relativas à Mudança do Clima

##### 3.1.1 Página Oficial na *Internet* sobre Mudança do Clima

A construção de uma página oficial brasileira sobre mudança do clima na *internet*, iniciada em setembro de 1995, quando a *internet* era ainda incipiente no Brasil, foi uma ideia pioneira e inovadora que tem colaborado de forma significativa com o desenvolvimento das Comunicações Nacionais do Brasil e contribuído para o aumento da conscientização pública sobre o assunto no país. A página de *internet* da CGMC/MCT (<http://www.mct.gov.br/clima>) constitui, assim, uma ferramenta importante para a implementação dos compromissos brasileiros assumidos no âmbito da Convenção.

Refletindo todo o processo de preparação das Comunicações Nacionais, a página reúne e disponibiliza toda a informação gerada por diversas instituições e especialistas envolvidos na preparação de inventários de gases de efeito estufa e outros documentos, incluindo as informações para contato de cada especialista responsável pela preparação dos mesmos.

Além disso, é por meio da página que o país executa seu programa de controle e garantia da qualidade dos resultados gerados para elaboração das Comunicações Nacionais, especialmente, com a realização de consultas públicas sobre cada documento produzido para subsidiar as Comunicações Nacionais, assegurando transparência e possibilitando participação de especialistas não envolvidos diretamente no processo, mas que desejem fazer comentários, críticas e sugestões.

Dessa forma, a página brasileira sobre mudança global do clima na *internet* tem fortalecido a capacidade da unidade de coordenação e ajudado a descentralizar a preparação das Comunicações Nacionais, permitindo um envolvimento completo de todas as instituições relevantes, independentemente de suas localizações.

A página também possibilita que textos importantes sejam disponibilizados em português para todo o Brasil, tal qual para outros países lusofônicos, 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; documentos sobre a implementação do Protocolo de Quioto no Brasil; documentos e informações sobre a Política Nacional sobre Mudança do Clima; 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 detalhados (como os relatórios do IPCC).

Além de ser o local onde a informação é divulgada, a página de *internet* também é o lugar onde a informação pode ser obtida, pois deixa claro quais são as atribuições da unidade de Coordenação, identificando os principais atores 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.

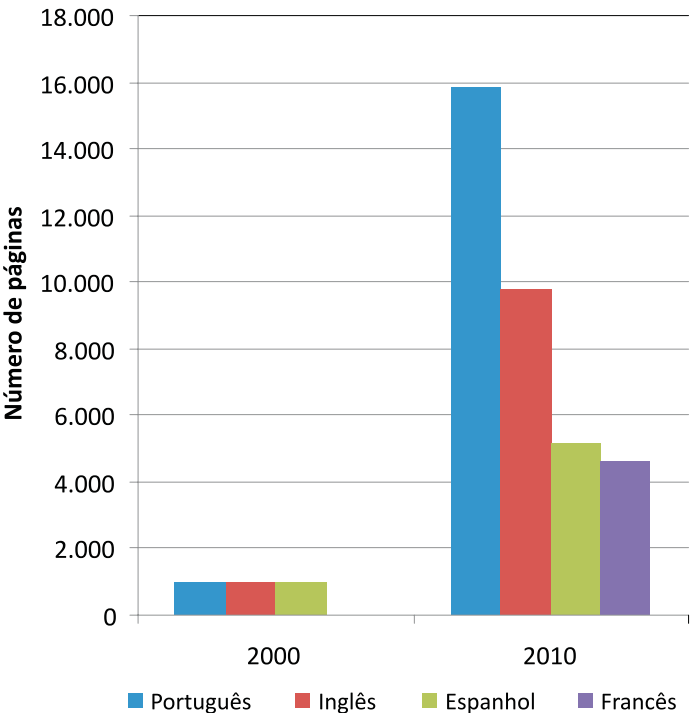
Como é desenvolvida atualmente em quatro idiomas – português, inglês, espanhol e francês – a página brasileira sobre mudança do clima extrapola o público do país. Sendo, também, dessa forma, fonte de referência internacional, o que facilita a inserção do Brasil no debate global sobre mudança do clima.

Em 2000, ocasião do levantamento realizado para compor o texto da Comunicação Nacional Inicial, estavam disponíveis cerca de 3.000 páginas, apenas em três idiomas, visto que o país ainda não tinha implementado a página de *internet* em francês, o que ocorreu apenas em 2003.

Em setembro de 2010, o total de páginas disponíveis ultrapassou dez vezes o levantamento obtido em 2000, posto que, na ocasião do levantamento para compor o texto deste documento, a página contava com 35.363 páginas publicadas, em quatro idiomas. Tal resultado deve-se, fundamentalmente, à execução do projeto da Segunda Comunicação, que possibilitou a reformulação, manutenção, atualização e ampliação desse página de *internet*, como é ilustrado na Figura 3.1.

De forma geral, o uso da *internet* tem contribuído para garantir a qualidade do trabalho, facilitando a conscientização pública, permitido uma melhor disseminação das informações e um maior alcance da Convenção e sua implementação no Brasil.

**Figura 3.1** Evolução do número de páginas nos idiomas português, inglês, espanhol e francês na página de *internet* oficial brasileira sobre mudança do clima



Fonte: CGMC/MCT, 2010.

**Relevância da página Brasileira Sobre Mudança do Clima**

O *Google* realiza um dos mais importantes e eficientes levantamentos de classificação de sítios *internet*, denominado *Google PageRank*. O sistema *PageRank*<sup>292</sup> – TM é usado pela página de busca *Google* para ajudar a determinar a relevância ou importância de uma página.

Até 1998, as ferramentas de busca contavam o número de vezes que uma palavra aparecia numa página de *internet* para determinar sua relevância, o que representava um sistema totalmente aberto à manipulação. A inovação do *Google* foi contar o número de entradas nos *links* a partir de outras páginas na *internet*. Tais *links* agem como “votos” sobre o que os usuários da *internet* acreditam ser um bom conteúdo. Mais *links* sugerem que uma página de *internet* é útil, assim como mais citações de um livro sugerem que ele é melhor.

No entanto, embora o sistema do *Google* tenha sido uma melhoria, ele também estava aberto a abuso pelos “*link spams*”, criado apenas para ludibriar o sistema. Os engenheiros da empresa perceberam que a solução seria considerar os resultados de buscas nos quais os usuários realmente acessavam e permaneciam. Uma pesquisa no *Google* pode resultar em

292 Sistema desenvolvido pelo Google.

dois milhões de páginas em um quarto de segundo, mas os usuários geralmente querem apenas uma página e, ao escolhê-la, eles informam para o *Google* o que estão procurando. Assim sendo, o algoritmo foi readaptado para automaticamente alimentar aquela informação de volta ao serviço, tornando o sistema eficiente e seu resultado confiável.

Quanto maior o *pagerank* de uma página de *internet* maior é a sua importância. A maior parte das páginas da *internet* tem *pagerank* 0, segundo informações do *Google*.

No caso específico da página brasileira sobre mudança do clima, de acordo com o *Google PageRank*, a cada 10 (dez) pesquisas realizadas na *internet* sobre o tema mudança do clima, 8 (oito) são direcionadas à página brasileira sobre mudança do clima, figurando uma relevância de 8/10, como pode ser observado na Figura 3.2.

**Figura 3.2 Relevância da página de oficial *internet* de mudança do clima no Brasil segundo o *PageRank***



Fonte: Pesquisa realizada na página de *internet* <<http://pagerank.gratuita.com.br>>.

### 3.2 Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas

O Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas – FBMC, presidido pelo Presidente da República, foi criado<sup>293</sup> com o objetivo de inserir a sociedade civil organizada nas discussões referentes à mudança global do clima, além de conscientizar e mobilizar a sociedade para o debate e tomada de posição sobre os problemas decorrentes da mudança global do clima

293 Decreto nº 3.515, de 20 de junho de 2000.

e para o MDL. O FBMC deve auxiliar o governo na incorporação das questões sobre mudança global do clima nas diversas etapas das políticas públicas.

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 relevante conhecimento em mudança do clima.

O FBMC, mais recentemente, contribuiu de forma significativa para a elaboração tanto do Plano Nacional sobre Mudança do Clima como da Política Nacional sobre Mudança do Clima, coordenando audiências públicas e reuniões setoriais que resultaram em importantes subsídios para esses processos.

Uma das atribuições do Fórum é estimular a criação de *fora* estaduais de mudança do clima, devendo realizar audiências públicas nas diversas regiões do país.

Os *fora* estaduais são um importante meio de conscientização e mobilização da sociedade, em nível estadual, para a discussão sobre mudança global do clima. Atualmente, 14 estados brasileiros constituíram seus *fora* estaduais de mudança do clima: Bahia, Ceará, Espírito Santo, Mato Grosso, Minas Gerais, Pará, Paraná, Pernambuco, Piauí, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo e Tocantins.

Na cidade de São Paulo foi criado o Comitê Municipal sobre Mudanças Climáticas e Econômicas. No estado de Minas Gerais, em Belo Horizonte, foi criado o Comitê Municipal sobre Mudanças Climáticas e Ecoeficiência.

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 de *internet* do Fórum<sup>294</sup>.

### 3.3 Programas de Educação em Conservação de Energia Elétrica e Uso Racional de Derivados de Petróleo e Gás Natural

#### 3.3.1 O Procel nas Escolas

O Procel nas Escolas é um projeto que dissemina informações de combate ao desperdício de energia, desenvolvido pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

294 Vide: <<http://www.forumclima.org.br>>.

- Procel, dirigido às crianças e aos adolescentes por meio de instituições de ensino.

As diretrizes para as ações do Procel nas Escolas, assinadas em 1993 a partir de um Acordo de Cooperação Técnica entre o MME e o MEC, decidiram por:

- 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.

Por meio de uma parceria com o MME e o MEC, o Procel nas Escolas envida esforços para possibilitar a atuação dos professores da educação básica (infantil, fundamental e média), como multiplicadores/orientadores de atitudes anti-desperdício de energia elétrica, junto aos seus alunos.

O Procel na Educação Básica

O Procel na Educação Básica é um projeto interdisciplinar da Eletrobras/Procel e das concessionárias de energia elétrica do país. Funciona na área de educação, dentro do tema transversal de meio ambiente, envolvendo professores de todas as disciplinas aplicadas nas escolas.

Para que as informações se processem com êxito, o canal de comunicação é a Educação Ambiental, utilizando a metodologia “A Natureza da Paisagem – Energia – Recurso da Vida”. Esse material<sup>295</sup>, focado em diferentes faixas etárias e distribuído nas escolas. Até o ano de 2007, cerca de 19,36 milhões de alunos estavam inseridos nesse novo universo de informações.

A operacionalização do Procel na Educação Básica cabe às concessionárias de energia elétrica, que recebem treinamento específico para o trabalho, e, em seguida, estabele-

ce, com a área de educação, um relacionamento institucional para a implementação do projeto. As escolas devem se dirigir ao seu órgão superior para participar, institucionalmente, no projeto, por meio da concessionária de energia elétrica local.

Estima-se que entre 1990 e 2008, graças aos resultados alcançados pelo projeto Procel na Educação Básica, houve uma economia acumulada de energia de cerca de 2.841.912.000 kWh. Cada aluno que participava do Projeto Procel nas Escolas correspondia a cerca de 84kWh/ano de desperdício evitado de energia. Com a metodologia “A Natureza da Paisagem – Energia”, esse valor passou para 150kWh/ano, em média, por aluno treinado, conforme pode ser verificado na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 Resultados alcançados pelo projeto Procel na Educação Básica até dezembro de 2008

Ano	Quantidade de alunos	Economia: kWh/aluno/ano	Economia total KWh/ano	Economia Acumulada kWh
1990	100.000	84	8.400.000	8.400.000
1991	150.000	84	12.600.000	21.000.000
1992	170.000	84	14.280.000	35.280.000
1993	180.000	84	15.120.000	50.140.000
1994	200.000	84	16.800.000	67.200.000
1995	200.000	84	16.800.000	84.000.000
1996	271.948	84	22.843.000	106.843.000
1997	319.276	84	26.811.000	133.662.000
1998	800.000	84	67.200.000	208.862.000
1999	1.000.000	84	84.000.000	284.862.000
2000	1.500.000	84	126.000.000	410.862.000
2001	2.000.000	150	300.000.000	710.862.000
2002	1.500.000	150	225.000.000	935.862.000
2003	3.000.000	150	450.000.000	1.385.862.000
2004	2.500.000	150	375.000.000	1.760.862.000
2005	2.000.000	150	300.000.000	2.060.862.000
2006	3.000.000	150	450.000.000	2.510.862.000
2007	1.602.000	150	240.300.000	2.751.162.000
2008	605.000	150	90.750.000	2.841.912.000

Fonte: Procel, 2010. Disponível em: <<http://www.eletrobras.gov.br/elb/procel/main.asp?TeamID={47593290-EFB7-4E08-92A2-8E6679154F7F}>>.

Procel nas Instituições de Ensino Superior

O projeto “Procel nas Instituições de Ensino Superior” tem por objetivo disseminar a disciplina “Conservação e Uso Efi-

295 O Procel nas escolas trabalha conforme a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional – LDB, dentro do tema transversal “Meio Ambiente”.



ciente de Energia” entre cursos de graduação em Engenharia de diversas instituições brasileiras de nível superior.

Essa atividade do Procel tem como objetivo transformar o professor no elemento central de disseminação das informações de eficiência energética junto a seus alunos, para transmitir os temas relativos à conservação de energia, com principal foco nos conceitos práticos e tecnológicos da eficiência energética. Os professores poderão, também, repassar a disciplina para outros professores, por meio de seminários, nas principais instituições de ensino superior do país. Ademais, os alunos do ensino superior, além da mudança de hábitos, poderão se envolver com as ferramentas da eficiência energética e tornarem-se colaboradores de conservação de energia.

Procel nas Escolas Técnicas

O Procel também desenvolve um projeto piloto nas escolas técnicas, realizado em parceria com o Centro Federal de Educação Tecnológica da Bahia – CEFET-BA, em Salvador, com o objetivo de estabelecer conteúdos específicos sobre a conservação de energia, com foco tanto na mudança de hábitos como na eficiência energética. O projeto, em fase experimental no CEFET-BA, depois de avaliado será estendido aos demais centros federais de educação tecnológicas – CEFETs do país.

Essa atividade do Procel também almeja uma mudança das atitudes que levam ao desperdício de energia elétrica, bem como, transformar o professor no elemento central para a expansão dos projetos, permitindo que o professor transmita aos alunos os temas relativos ao combate ao desperdício de energia, por meio da eficiência energética, consolidando, assim, a mudança de hábitos no uso eficiente de energia elétrica.

3.3.2 O Conpet na Escola

O Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural – Conpet foi criado pelo Governo Federal em 1991. O Conpet é um programa que envolve órgãos governamentais e entidades privadas encarregados de seu planejamento, execução e acompanhamento em função de um objetivo, o uso eficiente de energia.

O objetivo principal do Conpet na Escola é integrar e motivar os professores para que sejam agentes conscientizadores e transformadores dos hábitos e atitudes, não só dos seus alunos, como da própria escola e da sua comunidade, no que concerne às questões relacionadas à energia, sociedade e à preservação dos recursos naturais e do meio ambiente.

Entende-se que esta é a maneira mais eficaz e permanente de conscientizar, no médio prazo, a sociedade brasileira, da

preocupação com o uso eficiente dos derivados do petróleo e do gás natural.

O projeto envolve os educadores/alunos das 5ª a 9ª séries do ensino fundamental das redes de ensino pública e privada, podendo-se expandir e adaptar sua metodologia para os alunos do ensino médio.

Sob o respaldo do convênio firmado entre o MME e o MEC, a Petrobras estabelece convênios com Secretarias estaduais de Educação e/ou do Meio Ambiente, Associações de Escolas de Ensino, possibilitando a implantação do projeto nas escolas das redes públicas e privadas, nos diversos estados do país.

Aplicada com sucesso desde 1992, a metodologia consiste em trabalhar com o professor e não diretamente com os alunos. Além de tornar o processo permanente em sala de aula, esta metodologia faz do professor um real parceiro do projeto, na sensibilização e motivação do aluno para as questões de conservação de energia.

Assim, é oferecido ao professor um programa de aperfeiçoamento dos conhecimentos sobre o petróleo, gás natural e dos seus derivados, além de noções básicas de geopolítica do petróleo e políticas de eficiência energética, no sentido de capacitá-lo e motivá-lo para o engajamento no projeto e facilitar o desenvolvimento do assunto em sala de aula. Os resultados do programa, até 2009, estão expressos na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 Evolução dos resultados do projeto “O Conpet na Escola”

Ano	Oficinas	Estados	Municípios	Escolas	Professores
2005	46	5	261	685	2.349
2006	56	5	136	1.409	3.180
2007	81	7	49	1.720	4.596
2008	96	10	80	2.061	4.995
2009	100	8	214	2.014	5.497
Total	379	10	740	7.889	20.617

Fonte: Conpet, 2010. Disponível em: <<http://www.conpet.gov.br/>>.

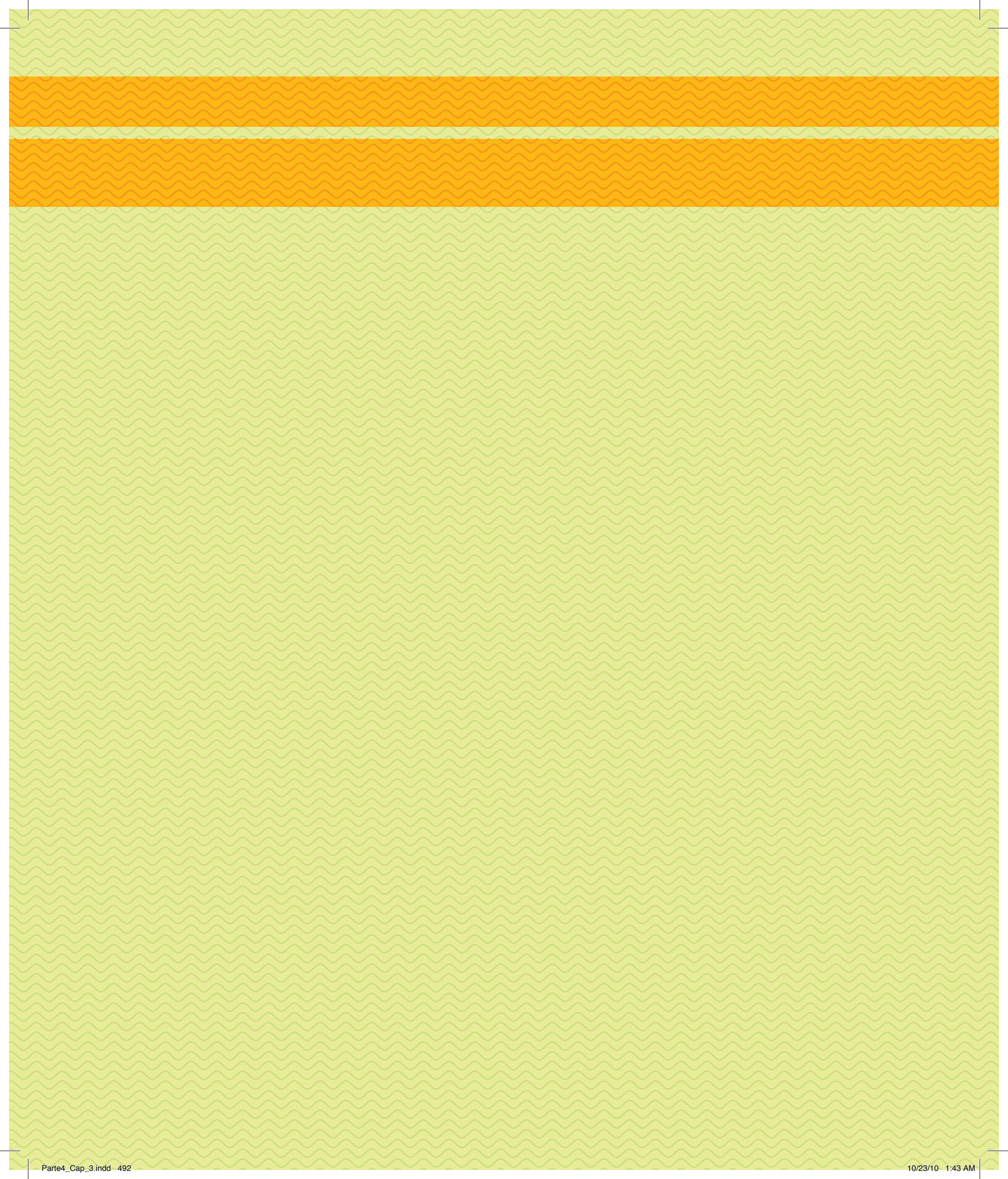
Conpet à Distância

Trata-se de uma proposta de trabalho que articula ensino, pesquisa e extensão, fortemente amparada nesta última, por meio de um curso com carga de 80 horas, oferecido na modalidade à distância voltado para o tema, meio ambiente e eficiência energética, a partir de uma proposta de formação de professores comprometida com a sustentabilidade, tendo em vista os princípios de co-responsabilidade

social, educacional e profissional de todos os integrantes do projeto.

O Conpet à Distância tem como objetivo capacitar profissionais da Educação Básica para fomentar com o corpo discente o debate ambiental e o desenvolvimento de ações que promovam a educação para a sustentabilidade e os valores da eficiência energética, alinhando conteúdos curriculares com a legislação vigente.

O público alvo é constituído por professores da Educação Básica, das redes pública e privada, gestores educacionais (administradores, coordenadores, supervisores, orientadores), visando à construção de novos conhecimentos e à formação de valores sociais, induzindo um desenvolvimento cada vez mais sustentável; à proposição de planos de prevenção; à eficiência energética; e à busca de soluções, dentro das possibilidades e limitações da Educação Ambiental existentes nas escolas.







# Capítulo 4

Formação de Capacidade Nacional e Regional



## 4 Formação de Capacidade Nacional e Regional

O Brasil tem necessidades especiais relativas à estrutura institucional para lidar com as questões relacionadas à mudança do clima. O desenvolvimento de recursos humanos é um dos principais objetivos que envolvem a formação de capacidade nacional e regional, considerando que este tema é uma nova área de estudo e há poucos cursos especializados sobre o assunto.

Neste capítulo, são descritas as iniciativas de formação de capacitação nacional relacionadas com a mudança do clima. No âmbito regional, destaca-se a atuação do Instituto Interamericano para Pesquisas em Mudanças Globais - IAI, organização intergovernamental dedicada à pesquisa. Em relação à pesquisa em âmbito nacional são destacadas as atividades da Rede Clima, instituída no final de 2007, e do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Mudanças Climáticas. O texto ainda aborda a questão do aumento da participação de cientistas brasileiros no processo do IPCC, bem como a recente criação do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas, nos moldes do IPCC. São abordados ainda os esforços do país em relação aos cenários futuros de mudança do clima por parte do CPTEC/INPE e do CCST/INPE.

Além disso, são relatadas neste capítulo, as iniciativas de cooperação em relação à formação de capacidade regional do Brasil com outros países em desenvolvimento (cooperação Sul-Sul). Como exemplo de formação de capacidade regional, é relatado o treinamento sobre modelagem de cenários regionais futuros de mudança do clima para países da América Latina e Caribe. No âmbito de formação de capacidade nacional, o Brasil tem também colaborado com a formação de capacidade referente à elaboração de Comunicações Nacionais e ao MDL em outros países em desenvolvimento.

### 4.1 Instituto Interamericano para Pesquisas em Mudanças Globais - IAI

O IAI foi criado em 1992 para atuar no âmbito do continente americano. É uma organização intergovernamental dedicada à pesquisa, com sede na cidade de São José dos Campos, estado de São Paulo, cujo objetivo é desenvolver a capacidade científica, visando à compreensão do impacto integrado das mudanças globais presentes e futuras no meio ambiente do continente americano, assim como fomentar a cooperação científica e a difusão das informações em todos os níveis.

Orientados pelos princípios da excelência científica, da cooperação internacional, e contando com o amplo intercâmbio de dados científicos, 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; e
- promover o livre intercâmbio de informações científicas.

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, cumprindo uma agenda científica com prioridades bem definidas;
- apoiar as Convenções e os Protocolos internacionais, 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; e
- 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.

Como órgão intergovernamental, o IAI foi concebido como uma rede de colaboração entre instituições de pesquisas, assegurando que seus países membros possam desenvolver colaborações em pesquisas relacionadas a mudanças globais.

O IAI conta com diversos programas de pesquisas e o Brasil tem exercido uma forte representação de projetos. A seguir, uma descrição dos programas científicos mais recentes, dos quais o Brasil fez parte, no período de 1999 a 2010.

4.1.1 Programas científicos do IAI - 1999-2010

Rede Colaborativa de Pesquisa

A Rede Colaborativa de Pesquisa – CRN (sigla em inglês de *Collaborative Research Network Program*) teve início em 1999, na forma de um programa de cinco anos, renovada em 2006 (CRN II), com investimento total de cerca de US\$ 22 milhões destinados a 27 projetos (27 CRNs). O programa da CRN não foi concebido apenas para dar apoio aos trabalhos de pesquisas, mas também para incentivar a formação de redes sinérgicas entre os cientistas das Américas, com vistas a que os cientistas e as instituições de pesquisas científicas trabalhassem juntos, de modo integrado e colaborativo. Essas redes multidisciplinares foram concebidas para permitir a

investigação profunda de uma ampla escala de questões globais, relativas à mudança ambiental, e geraram informações científicas significativas e de alta qualidade, que são usadas por especialistas interessados, por formuladores de políticas públicas e tomadores de decisão para auxiliar na mitigação e adaptação às mudanças ambientais.

Três projetos da CRN, apresentados na Tabela 4.1, foram liderados por equipes brasileiras, respectivamente, da Universidade de São Paulo – USP, da Fundação Oswaldo Cruz – Fiocruz e da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ.

O IAI estabeleceu em 2007 um novo programa, notadamente em pesquisas de dimensões humanas de mudanças globais.

Tabela 4.1 Projetos da Rede Colaborativa de Pesquisa com a participação de equipes brasileiras

Título	Pesquisador Principal	Países
Ciclos bioquímicos no âmbito da mudança do uso da terra na região das Américas	Tiessen, H.	Canadá, Argentina, Brasil, México, Venezuela
Pecuária, Uso da terra e Desflorestamento na Amazônia: Análise contrastiva entre Brasil e Peru	Wood, C.	EUA, Brasil, Equador, Peru, Canadá
Radiação ultravioleta-B melhorada em ecossistemas naturais como perturbação adicional devido ao esgotamento da camada de ozônio	Vernet, M.	EUA, Argentina, Brasil, Canadá, Chile
Gestão de riscos de desastres relativos ao ENSO na América Latina: Uma proposta de consolidação de rede regional para a pesquisa comparativa, informações e capacitação de uma perspectiva social	Franco, E.	Peru, Argentina, Brasil, Colômbia, Costa Rica, Equador, México, EUA
Estudos contrastivos dos efeitos das mudanças globais sobre a vegetação de dois ecossistemas tropicais: A alta montanha e o Cerrado sazonal	Silva, J.	Venezuela, Colômbia, Brasil, Argentina
Análise e monitoramento de rios da Amazônia andina	McClain, M.	EUA, Peru, Brasil, Bolívia, Colômbia, Equador
Diagnóstico e Previsão da Variabilidade Climática e dos Impactos na Saúde Humana nas Américas Tropicais	Confalonieri, U. (Fiocruz)	Brasil, EUA, Colômbia, México, Jamaica, Venezuela
Criação de uma rede de pesquisa colaborativa para o estudo da variabilidade e mudanças do clima, sua previsão e impacto na área do MERCOSUL	Nuñez, M.	Argentina, Brasil, Paraguai, Uruguai, EUA
Um consórcio internacional para o estudo das mudanças globais do clima no Atlântico Sul Ocidental	Campos, E. (USP)	Brasil, Argentina, Uruguai, EUA
Variabilidade do clima e seus impactos na região do México, América Central e Caribe	Magaña, V.	México, EUA, Costa Rica, Brasil, Colômbia
Documentação, compreensão e projeção de mudanças no ciclo hidrológico na Cordilheira americana	Luckman, B.	Canadá, Argentina, Bolívia, Brasil, Chile, México, EUA
Um consórcio internacional para o estudo das mudanças globais dos oceanos e do clima na América do Sul - SACC	Piola, A	Argentina, Brasil, Chile, Uruguai, EUA
Elos funcionais entre mudanças na superfície e atividades subterrâneas com o uso da terra nas Américas: Biodiversidade do solo e segurança alimentar	Berbara, R. L. L. (UFRRJ)	Brasil, Bolívia, Canadá, Chile, Cuba, Equador, México, EUA



Compreendendo as dimensões humana, biofísica e política de florestas secas tropicais primárias e secundárias nas Américas	Sanchez Azofeifa, A.	Canadá, Brasil, Costa Rica, Cuba, México, EUA, Venezuela
Mudança no uso da terra na bacia do Rio de la Plata: Vinculando fatores biofísicos e humanos para a previsão de tendências, avaliação de impactos e apoio a estratégias de uso da terra viáveis para o futuro	Jobbagy, E.	Argentina, Brasil, Paraguai, Uruguai, EUA
O impacto de mudanças no uso e cobertura da terra no hidroclima da bacia do Rio de La Plata <sup>1</sup>	Berberly, H.	Argentina, Brasil, USA
Emissões, Megacidades e Clima da América do Sul - SAEMC	Klenner, L. G.	Chile, Argentina, Brasil, Colômbia, Peru, EUA
Criação de uma metodologia para a avaliação do conhecimento local sobre a mudança global e sua função na construção de cenários de uso da terra futuro por parte dos atores locais	Tourrand, J. F.	Brasil, Argentina, Canadá, Uruguai, EUA
Sistema de apoio à tomada de decisões para a redução de riscos na agricultura, soja DSS para o leste do Paraguai e Rio Grande do Sul	Fraisse, C.	EUA, Brasil, Paraguai
Impactos da política de conservação em análises regionais e com foco especial de florestas secas tropicais tendo em vista outros determinantes sociais e naturais do uso da terra	Pfaff, A.	EUA, Brasil, Costa Rica

Notas: Todos os projetos de CRN são interdisciplinares e incluem algum componente de mudança do clima.  
<sup>1</sup> Projeto essencialmente de mudanças climáticas.  
Fonte: IAI, 2010.

O programa desenvolveu pesquisa em dimensões humanas, em conjunção aos projetos no âmbito do CRN II, integrando as ciências naturais e sociais. Três desses projetos têm envolvimento com instituições e cientistas brasileiros, sendo que um deles também está sendo liderado por uma equipe brasileira, da Universidade de Brasília – UnB.

O IAI também colabora com o projeto “Mudança no uso e manejo da terra, biocombustíveis e desenvolvimento rural na Bacia do Prata – 2008-2010”, cujo objetivo é fornecer orientação para os formuladores de políticas públicas e tomadores de decisão nos processos de desenvolvimento rural e mudança no uso do solo na região da Bacia do Prata. Nesse projeto analisa-se a interação dinâmica entre os componentes naturais e humanos dos agroecossistemas na Bacia do Prata, de forma a permitir a exploração das oportunidades oferecidas pela crescente demanda mundial por *commodities* agrícolas e de biocombustíveis, além de minimizar os impactos negativos da expansão e intensificação agrícola, notadamente no âmbito dos riscos e oportunidades criadas pela mudança global do clima. Três dos projetos no âmbito desta iniciativa estão sendo conduzidos por equipes brasileiras, da Embrapa Solos, da USP e da UnB.

No tocante à capacitação, o IAI tem contribuído para a difusão de informações, educação e capacitação técnico-científica e a promoção do livre intercâmbio de informações

científicas. Assim, com o intuito de 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, o IAI tem promovido diversos cursos e contribuído, até o momento, para a formação científica de 131 estudantes brasileiros envolvidos em projetos e 71 bolsistas brasileiros.

## 4.2 Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima - IPCC

O IPCC foi estabelecido em 1988 pela Organização Meteorológica Mundial – OMM e pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – PNUMA para avaliar a informação científica, técnica e socioeconômica disponível no campo da mudança global do clima.

Em princípio, o IPCC é formado por cientistas escolhidos entre os especialistas em mudança global do clima do mundo inteiro. No entanto, na prática, a maior parte dos especialistas que participam dos relatórios de avaliação do Painel vem de países desenvolvidos.

O 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, socioeconômicos 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 emissões de gases de efeito estufa.

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). No Terceiro Relatório de Avaliação, divulgado em 2001, 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). Em 2007, no Quarto Relatório de Avaliação participaram 14 cientistas brasileiros como autores (três no Grupo I, cinco no Grupo II e 6 no Grupo III) e 21 como revisores (três no Grupo I, 13 no Grupo II e cinco no Grupo III)<sup>296</sup>. Para o Quinto Relatório de Avaliação, que deverá ser lançado em 2011, o Brasil contará com a participação de 25 autores (sendo seis do Grupo I, sete no Grupo II e 12 no Grupo III).

A participação dos cientistas brasileiros é de grande importância, principalmente devido ao fato de terem um entendimento mais específico sobre processos (por exemplo, os relacionados à Amazônia) e tecnologias (por exemplo, utilização do álcool combustível em veículos) importantes para os países em desenvolvimento.

O crescimento progressivo da participação de cientistas brasileiros representa o resultado do aumento de programas de capacitação nacional em relação a assuntos relacionados à mudança do clima e, conseqüentemente, o aumento do número de cientistas brasileiros que desenvolvem pesquisas relacionadas ao tema e oferecem subsídios para um melhor entendimento das questões relacionadas.

No entanto, a participação de cientistas dos países em desenvolvimento, que inclui o Brasil, é proporcionalmente pe-

quena e ainda são pouco representados nos três Grupos de Trabalho constantes nos Relatórios de Avaliação.

### 4.3 Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas - PBMC

O Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas<sup>297</sup>, criado pelo MCT e pelo MMA, é um organismo científico nacional que tem como objetivo disponibilizar a tomadores de decisão e à sociedade informações técnico-científicas sobre mudança global do clima.

O papel do PBMC é avaliar, em um processo abrangente, objetivo e transparente, as informações produzidas pela comunidade científica sobre as vertentes ambientais, sociais, econômicas e científicas da mudança do clima, de modo a possibilitar uma melhor compreensão da ciência do clima, dos riscos da mudança do clima observada e projetada para o futuro, bem como dos impactos, vulnerabilidade e as ações de adaptação e de mitigação associadas.

Como resultados dos trabalhos do Painel, serão elaborados e publicados periodicamente "Relatórios de Avaliação Nacional", "Relatórios Técnicos", "Sumários para Tomadores de Decisão" sobre mudança global do clima, bem como "Relatórios Especiais" sobre temas específicos, que irão fornecer elementos importantes para a implementação de políticas no Brasil, como o Plano Nacional sobre Mudança do Clima<sup>298</sup>.

Como principal meta, o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas deverá produzir o Primeiro Relatório de Avaliação Nacional sobre Mudança do Clima, previsto para 2012. Os volumes I, II e III do Relatório de Avaliação Nacional correspondem aos trabalhos dos Grupos de Trabalhos do IPCC e irão compilar todas as informações científicas disponíveis no Brasil, de acordo com a seguinte estrutura:

- Grupo de Trabalho I – GT1: avalia as bases científicas do sistema climático e suas mudanças;
- Grupo de Trabalho II – GT2: avalia as vulnerabilidades dos sistemas naturais e sócio-econômicos, as conseqüências positivas e negativas da mudança global do clima, e as opções de adaptação;

<sup>296</sup> Os Relatórios de Avaliação do IPCC estão disponíveis para consulta em <[http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/publications\\_and\\_data\\_reports.htm](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.htm)>.

<sup>297</sup> Instituído pela Portaria Interministerial MCT/MMA nº 356, de 25 de setembro de 2009.

<sup>298</sup> Vide Parte III, seção 3.3, sobre o Plano Nacional sobre Mudança do Clima.

- Grupo de Trabalho III – GT3: avalia as opções para mitigação em relação à mudança global do clima; e
- Força-Tarefa em Metodologias de Inventários de emissões de gases de efeito estufa.

Dessa forma, o PBMC busca inserir-se nas atividades de implementação do Plano Nacional sobre Mudança do Clima, principalmente no seu eixo de pesquisa e desenvolvimento, mas apoia, também, os demais eixos de mitigação, adaptação e disseminação do conhecimento.

A estrutura e funcionamento do Painel têm como base o regimento aplicável ao IPCC. O Painel é composto por Plenária, Conselho Diretor, Comitê Científico, Secretaria Executiva, Grupos de Trabalho e Unidades de Apoio Técnico. Os quatro Grupos de Trabalho reunirão um total de 100 pessoas, entre pesquisadores vinculados a instituições de pesquisas nacionais e especialistas em mudança global do clima.

O PBMC oferece uma oportunidade de organização e expansão da produção científica e pesquisa brasileira em mudança global do clima. É a primeira experiência desenvolvida no país que buscará unir e sistematizar o conhecimento existente sobre mudança do clima no Brasil, com foco na regionalização, em uma única publicação e plataforma de conhecimento.

#### 4.4 Rede Brasileira de Pesquisa sobre Mudanças Climáticas Globais - Rede Clima

A Rede Clima foi instituída pelo MCT em 2007 e é supervisionada por um Conselho Diretor composto por mais quatro ministérios (Meio Ambiente; Relações Exteriores; Agricultura, Pecuária e Abastecimento; e Saúde), além de representantes da Academia Brasileira de Ciências – ABC; Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência – SBPC; Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas; Conselho Nacional de Secretários Estaduais para Assuntos de Ciência, Tecnologia e Inovação; Conselho Nacional das Fundações Estaduais de Amparo à Pesquisa; e do setor empresarial; sendo gerenciada por uma Secretaria Executiva exercida pelo INPE e assessorada por um Comitê Científico.

Ao Conselho Diretor compete, entre outras coisas, definir a agenda de pesquisa da Rede, assessorado pelo Comitê Científico; promover a gestão da Rede-Clima, tomando todas as decisões necessárias para o seu funcionamento, ressalvadas as competências das instituições participantes; e articular a integração da Rede aos programas e políticas públicas na área de mudança global do clima.

O Comitê Científico da Rede Clima é constituído por representantes das sub-redes temáticas e por cientistas externos à Rede. O Comitê assessoro o Conselho Diretor sobre temáticas de pesquisa e avaliação de resultados científicos, além de elaborar editais de chamada de pesquisas.

A Rede Clima tem como objetivos:

- gerar e disseminar conhecimentos e tecnologias para que o Brasil possa responder aos desafios representados pelas causas e efeitos da mudança global do clima;
- produzir dados e informações necessários ao apoio da diplomacia brasileira nas negociações sobre regime internacional de mudança global do clima;
- realizar estudos das mudanças climáticas globais e regionais no Brasil, com ênfase nas vulnerabilidades do país à mudança global do clima;
- estudar alternativas de adaptação dos sistemas sociais, econômicos e naturais do Brasil à mudança global do clima;
- pesquisar os efeitos da mudança do uso da terra e dos sistemas sociais, econômicos e naturais nas emissões brasileiras de gases que contribuem para a mudança global do clima;
- contribuir para a formulação e acompanhamento de políticas públicas sobre mudança global do clima no âmbito do território brasileiro.

Um dos primeiros produtos colaborativos da Rede Clima é a elaboração regular de análises sobre o estado do conhecimento da mudança global do clima no Brasil, nos moldes dos relatórios do IPCC, porém com análises setoriais mais específicas para a formulação de políticas públicas nacionais e internacionais.

Outra importante tarefa da Rede Clima, por meio da sub-rede Modelagem Climática, é a de liderar o desenvolvimento do Modelo Brasileiro do Sistema Climático Global – MBSCG para gerar cenários climáticos futuros com especificidades regionais apropriadas aos interesses do país. Este esforço, que é estrategicamente importante para o país ter autonomia e capacitação em modelagem do sistema climático global, contará com o apoio de várias instituições nacionais e internacionais.



### 4.5 Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia - INCT para Mudanças Climáticas

O INCT<sup>299</sup> para Mudanças Climáticas visa a implantar e desenvolver uma abrangente rede de pesquisas interdisciplinares em mudança global do clima, contando com a cooperação de vários grupos de pesquisa do Brasil e do exterior, com vistas a constituir a maior rede de pesquisa já desenvolvida nessa área no país.

O INCT para Mudanças Climáticas tem por missão o desenvolvimento de uma agenda científica que irá fornecer ao Brasil condições para expandir a excelência científica nas várias áreas das mudanças ambientais globais e sobre suas implicações para o desenvolvimento sustentável, principalmente quando se leva em consideração que a economia de nações em desenvolvimento é fortemente ligada a recursos naturais renováveis, como é o caso do Brasil.

Os objetivos do programa INCT para Mudanças Climáticas são:

- detectar mudanças ambientais no Brasil e na América do Sul, especialmente relacionadas à mudança global do clima, e atribuir causas às mudanças observadas (aquecimento global, mudanças dos usos da terra, urbanização etc.);
- desenvolver modelos do Sistema Climático Global e cenários de mudanças ambientais globais e regionais, particularmente cenários em alta resolução espacial de mudança global do clima e de usos da terra para o século XXI;
- aumentar significativamente os conhecimentos sobre impactos da mudança global do clima e identificar as principais vulnerabilidades do Brasil nos seguintes setores e sistemas: ecossistemas e biodiversidade, agricultura, recursos hídricos, saúde humana, cidades, zonas costeiras, energias renováveis e economia;

- desenvolver estudos e tecnologias de mitigação das emissões de gases de efeito estufa; e
- fornecer informações científicas de qualidade para subsidiar políticas públicas de adaptação e mitigação.

O INCT para Mudanças Climáticas está organizado em 26 subprojetos de pesquisa e vincula-se estreitamente com pelo menos duas outras redes de pesquisa em mudança global do clima, sendo uma delas a Rede Brasileira de Pesquisas em Mudanças Climáticas – Rede Clima, do MCT, já que sua estrutura cobrirá todos os aspectos científicos e tecnológicos de interesse àquela rede<sup>300</sup>.

Da mesma forma, o programa estará associado a vários programas de pesquisa em mudança global do clima existentes nos estados, em particular ao programa da Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de São Paulo – FAPESP de Pesquisas em Mudanças Climáticas Globais – PFMCG.

Uma página de *internet* do INCT para Mudanças Climáticas foi criado com o intuito de difundir as atividades deste programa<sup>301</sup>.

### 4.6 Centro de Previsão de Tempo e Estudos do Clima - CPTEC / INPE

O CPTEC/INPE é aparelhado com supercomputadores, dentre os quais se encontra sua mais recente aquisição – um supercomputador com velocidade de 244 Teraflops por segundo (operações aritméticas em ponto flutuante por segundo), que permitirá rodar modelos numéricos de previsão de tempo de maior resolução espacial, com nível de detalhamento de 5 km para a América do Sul e 20 km para todo o globo. Eventos extremos, como chuvas intensas, granizo, geadas, nevoeiros, ventos fortes, ondas de calor, entre outros, terão previsões com maior confiabilidade. Além disso, este novo supercomputador permitirá incorporar avanços nas áreas de modelagem numérica do tempo, de assimilação de dados (que incorpora dados meteorológicos de observação aos modelos de previsão), de química e aerossóis, atmosfera e oceanos que irão trazer melhorias às previsões de tempo e clima.

Na área de previsão climática sazonal, divulgada para até três meses, além do melhor detalhamento das previsões, com o aumento da resolução espacial de 200 para 80 quilômetros, a expectativa é de aperfeiçoamentos na modelagem da física da atmosfera. Pretende-se melhorar a representação, por

299 O Programa Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia prevê a criação de dezenas de Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia – INCTs espalhados pelo país, que funcionarão de forma multicêntrica, sob a coordenação de uma instituição-sede que já tenha competência em determinada área de pesquisa. O programa é conduzido pelo Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT, por meio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, em parceria com a FAPESP e com as demais Fundações de Amparo à Pesquisa Estaduais. O INCT para Mudanças Climáticas está sob a coordenação do INPE. Vide: <<http://www.fapesp.br/materia/4961/inct/inct-para-mudancas-climaticas.htm>>.

300 Vide nesta Parte, seção sobre a Rede Brasileira de Pesquisa sobre Mudanças Climáticas Globais – Rede Clima.

301 Vide: <<http://www.ccst.inpe.br/inct>>

exemplo, de nuvens, da umidade do solo e da criosfera e com isso gerar previsões mais confiáveis.

A melhoria nas previsões de tempo deverá ser obtida principalmente com o aperfeiçoamento da técnica *ensemble*, ou previsão por conjunto. Esta metodologia, que leva em consideração a natureza caótica da atmosfera e o alto grau de incerteza de seu estado ao longo do tempo, tem como base o processamento de diferentes condições iniciais da atmosfera. O CPTEC utiliza, atualmente, 15 diferentes membros que correspondem a 15 previsões iniciadas a partir de estados da atmosfera ligeiramente distintos. O número de membros será elevado para 40, o que deverá definir melhor o grau de certeza e de incerteza sobre as tendências meteorológicas, gerando previsões de tempo, clima e de qualidade do ar mais confiáveis. A partir deste aperfeiçoamento, será possível obter previsões para períodos mais longos e aumentar a confiabilidade de prognósticos de eventos extremos, como por exemplo, chuvas intensas, que costumam provocar alagamentos nas grandes cidades e deslizamentos de encostas em áreas de risco.

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, do Ministério da Agricultura; do Departamento de Controle do Espaço Aéreo – DEPV, da Aeronáutica; da Diretoria de Hidrografia e Navegação – DHN, da Marinha; dos centros estaduais de meteorologia; e de outros centros internacionais.

Atualmente, o CPTEC alcançou o status de “*Global Producing Center*” de Previsões de Tempo a Longo Prazo – GPC, concedido pela OMM. Ao ser indicado como GPC, o CPTEC passa a integrar um clube seleto de centros mundiais, que inclui o *Climate Prediction Center* (NOAA-EUA), *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* – ECMWF, *Japan Meteorological Agency* – JMA, *Meteo-France* e *UK Met Office*.

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.

## 4.7 Centro de Ciência do Sistema Terrestre - CCST / INPE

Com a criação do CCST/INPE, as atividades de estudos observacionais e de modelagem de mudança global do clima

migraram do CPTEC para o CCST. Em colaboração com as equipes do *Hadley Centre*, do *Tyndall Centre* e da Universidade de *East Anglia* do Reino Unido, continuam desenvolvendo estudos observacionais e de desenvolvimento da capacidade de modelagem climática no Brasil, dirigida à mudança global do clima. O CCST, em colaboração com o CPTEC, está liderando o desenvolvimento do MBSCG, que será dirigido para geração de cenários futuros de clima em âmbito mundial, permitindo que o Brasil seja o único país da América Latina a gerar cenários futuros de clima em âmbito global, compatíveis com os modelos usados pelo IPCC.

Espera-se também a implementação de uma capacidade de modelagem regional no CCST, para elaborar cenários climáticos regionais a partir das projeções dos modelos climáticos rodados pelos centros climáticos mais importantes do mundo para o IPCC. Para isso, usa-se a técnica de *downscaling* dinâmico, onde o modelo global acoplado do *Hadley Centre* (HadCM3), cedido pelo *UK Met Office*, 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, para toda América Latina e Caribe. A atividade envolve forte colaboração científica, nacional e internacional, na geração de conhecimento e capacidade para a implementação de cenários de mudança global do clima numa escala mais detalhada e precisa do que tem sido feita atualmente.

Um dos principais objetivos do CCST é construir cenários de mudança global do clima de alta resolução, que serão usados para o desenvolvimento de estudos que tenham como intuito o aumento da conscientização e capacitação dos formuladores de políticas e governantes em relação aos impactos da mudança global do clima, às diferentes vulnerabilidades e às possíveis medidas de adaptação. Aplicações importantes serão utilizadas na hidreletricidade (devido a sua importância para a geração de energia elétrica no Brasil), agricultura, saúde humana, desastres naturais, entre outras áreas, as quais serão providas de informações necessárias para favorecer a tomada de decisões.

## 4.8 Treinamento sobre Modelagem de Cenários Regionais Futuros de Mudança do Clima para Países da América Latina e Caribe

O INPE desenvolveu o modelo regional Eta<sup>302</sup> para obter projeções regionalizadas do clima futuro. A estratégia do INPE

302 Vide Parte III seção B.1.1 sobre Modelo Eta-CPTEC.

com relação ao modelo regional de mudança do clima é de constantemente melhorá-lo e acoplá-lo com modelos globais de clima utilizados pelo IPCC, os quais têm sido rodados em outros centros climáticos no mundo, com o objetivo de gerar projeções futuras de mudança do clima até 2100.

Os modelos regionais de mudança do clima podem ter uma resolução espacial muito maior do que os modelos globais de clima e fornecer, portanto, informações climáticas com detalhes locais importantes, inclusive previsões mais acuradas de eventos extremos. Logo, as previsões com o uso de modelos regionais de mudança do clima podem promover uma melhoria substancial das avaliações das vulnerabilidades de um país à mudança do clima e de como o país pode se adaptar a elas.

Com o desenvolvimento do modelo regional Eta, o INPE passou também a ter capacidade de auxiliar outros países a complementar seus estudos sobre mudança do clima, fornecendo os cenários futuros gerados no Brasil, além de oferecer a experiência dos seus pesquisadores em estudos de variabilidade e mudança global do clima. O Brasil também possui um supercomputador com capacidade para obter cenários climáticos futuros que possam ser utilizados por outros países sul-americanos.

Dentro do espírito de cooperação sul-sul, após terem sido obtidos os primeiros resultados do modelo Eta, pensou-se em realizar um treinamento com especialistas da América Latina, no qual seriam demonstrados os resultados preliminares do modelo. Assim, países da América Latina foram convidados para participar de atividades de capacitação no Brasil.

O MCT, por meio de sua Coordenação-Geral de Mudanças Globais do Clima – CGMC, organizou em parceria com o INPE, contando com financiamento adicional do governo da Espanha e a colaboração da Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe – CEPAL, dois treinamentos em modelagem numérica denominados “Treinamento em modelagem numérica de cenários de mudança do clima Eta-CPTEC”, na sede do INPE em Cachoeira Paulista, estado de São Paulo. Este treinamento foi acordado no âmbito da Rede Iberoamericana de Mudança do Clima – RIOCC.

Duas atividades de capacitação foram realizadas nesse sentido, a primeira em 2008, a qual contou com a participação de representantes dos seguintes países: Argentina, Bolívia, Chile, Colômbia, Costa Rica, Cuba, Equador, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Panamá, Paraguai, Peru, República Dominicana, Uruguai, Venezuela e Espanha. Participaram desta atividade, no total, 52 pessoas, incluindo docentes e

alunos brasileiros. A segunda atividade de capacitação foi realizada em 2009 e contou com a participação de dois representantes de cada um dos seguintes países: Argentina, Bolívia, Chile, Colômbia, Costa Rica, Cuba, Equador, El Salvador, Guatemala, México, Panamá, Paraguai, Peru, República Dominicana, Uruguai, Venezuela e Espanha. Participaram desta atividade, no total, 47 pessoas, incluindo docentes e alunos. As atividades foram realizadas nas instalações do INPE localizadas na cidade de Cachoeira Paulista, estado de São Paulo.

O treinamento contribuiu para a capacitação de outros países em desenvolvimento, os quais podem se beneficiar dos resultados do processamento do modelo climático regional Eta-CPTEC. Além disso, este evento possibilitou a troca de experiência entre especialistas do INPE e da América Latina, participando conjuntamente no aperfeiçoamento do modelo Eta-CPTEC, de forma a torná-lo mais apropriado às necessidades da região. Ademais, esta atividade fortaleceu as avaliações de impactos, vulnerabilidade e adaptação à mudança do clima em setores prioritários nos países da América Latina.

## 4.9 Análises de Impactos Econômicos da Mudança do Clima no Brasil

De acordo com os compromissos assumidos no Artigo 4, parágrafo 1, alínea (f), da Convenção, as Partes devem, de acordo com suas responsabilidades comuns mas diferenciadas e respectivas capacidades, “levar em conta, na medida do possível, os fatores relacionados com a mudança do clima em suas políticas e medidas sociais, econômicas e ambientais pertinentes, bem como empregar métodos adequados, tais como avaliações de impactos, formulados e definidos nacionalmente, com vistas a minimizar os efeitos negativos na economia, na saúde pública e na qualidade do meio ambiente, provocados por projetos ou medidas aplicadas pelas Partes para mitigarem a mudança do clima ou a ela se adaptarem.” Além disso, na alínea (g), deste mesmo parágrafo, estabeleceu-se que é importante promover “pesquisas para esclarecer e reduzir ou eliminar as incertezas ainda existentes em relação às (...) consequências econômicas e sociais de diversas estratégias de resposta.”

Assim, torna-se necessário avaliar os efeitos sobre a economia brasileira da implementação de políticas públicas que visem à redução das emissões de gases de efeito estufa.

Após a divulgação do Relatório Stern, em 2006, houve uma grande preocupação de se avaliar os prejuízos econômicos que poderiam ser provocados pela mudança do clima em todo o mundo. Cabe ressaltar que até o momento, os impactos sobre



a economia brasileira de ações de redução das emissões de gases de efeito estufa ainda não foram extensivamente estudados. Estudos começam a ser desenvolvidos neste sentido, reconhecendo-se que muito ainda resta a ser feito. Nesse sentido, a experiência brasileira já produziu dois estudos de maior repercussão, os quais são mencionados a seguir.

4.9.1 Estudo de Modelo Intersetorial de Equilíbrio Geral e Mudança do Clima

Pode-se utilizar modelos intersetoriais aplicados de equilíbrio geral para simular os efeitos de ações relacionadas a políticas de redução de emissões, entre elas impostos sobre as emissões decorrentes da queima de combustíveis fósseis de determinados setores da economia e ou regiões.

Foi realizado um projeto de pesquisa pela ESALQ/USP (FERREIRA FILHO & ROCHA, 2007), que teve como objetivo quantificar os efeitos sobre a economia brasileira da implementação de políticas públicas que visem à redução das emissões de gases de efeito estufa. Para tanto, foi construído um modelo intersetorial aplicado de equilíbrio geral – AEG, denominado MOSAICO-GEE, para simular os efeitos de ações relacionadas a políticas de redução de emissões, entre elas impostos sobre as emissões decorrentes da queima de combustíveis fósseis de determinados setores da economia e ou regiões. O modelo possui, além da parte central com as equações econômicas, um módulo de emissões de gases, que se conecta com o núcleo das equações de forma a responder às intervenções de política econô-

mica. Trata-se de um modelo AEG estático, interregional, *bottom-up* derivado do modelo MMRF-GREEN, da economia australiana (ADAM *et al.*, 2002). O modelo foi modificado e adaptado para a economia brasileira, sendo que a principal modificação realizada foi a introdução no mesmo de um mecanismo de substituição no uso de gasolina/álcool, possibilidade característica da economia brasileira dada a introdução, no país, da tecnologia de veículos bicompostíveis (*flex-fuel*).

As simulações realizadas com o modelo envolveram a introdução de um imposto do tipo *carbon tax*, ou imposto sobre emissões (R\$10 por tonelada de CO<sub>2</sub>), introduzido na economia de diferentes maneiras, e em diferentes cenários (com e sem mudança tecnológica endógena).

Os impactos na economia brasileira (em variações percentuais) da introdução de um imposto de dez reais por tonelada de CO<sub>2</sub> pode ser observado na Tabela 4.2.

O efeito da introdução de um imposto sobre carbono na economia pode ser consideravelmente ampliado através de políticas que facilitem a mudança tecnológica nos setores com padrão de emissões mais relevantes. Desta forma, este tipo de política deve ser acompanhado de outras como linhas de crédito especiais para os setores, facilidades para a importação de equipamentos e serviços, além de políticas de pesquisas específicas, que possam facilitar às empresas a mudança tecnológica que lhes permita, para dado valor do imposto, maximizar a redução das emissões.

Tabela 4.2 Impactos na economia brasileira da taxação de carbono em diversos cenários

Variável	carbtax1	carbtax05	carbtax05x	carbtxat	carbtxets	carbtmet6
PIB real	-0.32	-0.32	-0.34	-0.00	0.35	-0.25
Estoque de capital	-0.60	-0.60	-0.82	-0.20	0.28	-0.67
Consumo real das famílias	-0.05	-0.05	-0.55	-0.50	0.05	-0.30
Investimento real	-0.60	-0.60	-0.82	-0.20	0.28	-0.67
Balanço comercial/PIB	-1.01	-1.01	1.91	2.99	1.82	0.93
Exportações (quantum)	-2.94	-2.93	3.05	6.14	3.84	1.08
Importações (quantum)	-0.59	-0.59	-0.97	-0.35	0.25	-0.75
Termos de troca	0.34	0.34	-0.78	-1.13	-0.20	-0.32
Desvalorização cambial real	0.29	0.29	2.34	2.05	0.33	1.52
Salário real	-0.25	-0.25	-1.04	-0.80	-0.41	-0.76
Emissões totais de CO <sub>2</sub> e	-1.68	-1.67	-8.50	-6.83	0.65	-5.56

Como conclusões do estudo, pode-se salientar que a introdução de um imposto sobre as emissões de carbono tem impactos de natureza complexa sobre a economia, com resultados diferenciados entre os diversos setores produtivos. A forma de introdução do imposto, se apenas sobre combustíveis ou se também sobre as emissões ligadas no nível de atividade dos setores, os setores a serem abrangidos pela política, bem como outras características estruturais da economia, afetam decisivamente os resultados. Os resultados deste estudo mostram a importância das emissões ligadas ao nível de atividade para a economia brasileira. Políticas de taxação de emissões seriam mais eficientes se atingissem também as emissões associadas no nível de atividade, ao invés de apenas emissões associadas ao uso de combustíveis fósseis. Os resultados mostram que o custo social desta política (medido em termos de queda do PIB real da economia) seriam praticamente os mesmos, com uma redução de emissões significativamente maior no segundo caso.

Outro resultado que vale a pena salientar é o obtido com taxação de setores selecionados, como é o caso daqueles listados no *European Trading Scheme*, da União Europeia. Os resultados de equilíbrio geral mostram que se poderia obter até mesmo um resultado inverso ao desejado, com elevação nas emissões totais. Esses resultados surgem do interrelacionamento entre os setores na economia geral, bem como das hipóteses de ajustamento propostas, e servem para ilustrar a complexidade da política sob análise. Finalmente, os cenários com simulações de longo prazo e progresso tecnológico endógeno, induzidos pela própria política de taxação sobre emissões, destacam a importância deste fenômeno no processo.

Assim, surge como elemento fundamental da análise a adoção de políticas complementares à mera taxação sobre emissões, que potencializariam os resultados a serem obtidos. Políticas industriais que viabilizem a mudança tecnológica em resposta à mudança de preços relativos que seria induzida pela taxação poderiam aumentar fortemente a eficiência da taxação sobre a redução de emissões. As estimativas obtidas mostram que os resultados sob a redução das emissões poderiam ser duas vezes maiores, a um custo social (medido em termos de perda do PIB real) praticamente idêntico.

#### 4.9.2 Economia das Mudanças do Clima no Brasil

As mudanças climáticas afetarão os recursos naturais, a economia e as sociedades do mundo todo em magnitude ainda desconhecida. O estudo Economia das Mudanças do Clima no Brasil – EMCBB é uma iniciativa para analisar e quantificar o

impacto da mudança do clima na agenda de desenvolvimento do país, de forma que os tomadores de decisão possam ter instrumentos para identificar os riscos mais graves e urgentes e para avaliar e implantar as medidas de prevenção e adaptação mais eficientes em termos de custos e benefícios.

O estudo reuniu uma grande equipe interdisciplinar para integrar projeções sobre diferentes setores, formada principalmente por cientistas das principais instituições brasileiras de pesquisa (MARCOVITCH *et al.*, 2010). O ponto de partida foram modelos computacionais que forneceram projeções sobre o comportamento futuro do clima no território nacional, como temperatura e precipitação. Estas projeções (fornecidas pelo INPE) alimentaram modelos de simulação de algumas áreas estratégicas da economia que traduziram em termos econômicos os impactos esperados em cada setor, de acordo com duas possíveis trajetórias do clima futuro desenvolvidas pelo IPCC – os cenários A2 e B2.

Este estudo tenta simular o comportamento futuro da economia brasileira compatível, na medida do possível, com as mesmas hipóteses do IPCC para a economia global. Os cenários então gerados para a economia brasileira são chamados de cenários A2-BR simulados sem mudança do clima e com mudança do clima, segundo o cenário climático A2 do IPCC, e cenário B2-BR, também simulado sem mudança do clima e com mudança do clima segundo o cenário climático B2 do IPCC. Eles representam trajetórias futuras da economia brasileira caso o mundo se desenvolva globalmente segundo as premissas (econômicas) do IPCC do cenário climático A2 e do cenário climático B2.

Apesar dos problemas climáticos associados ao aquecimento global serem de longo prazo, adotou-se o ano de 2050 como horizonte das simulações, excluindo assim os efeitos mais graves sobre a produtividade e o crescimento do PIB, que se farão sentir com maior força na segunda metade do século XXI. Isto foi necessário por conta de as incertezas envolvidas – principalmente macroeconômicas – serem ainda muito grandes e a base de dados não suportar projeções de mais longo prazo. Algumas das análises setoriais, no entanto, ultrapassam 2050. Além dessa limitação temporal, as simulações do estudo privilegiam os comportamentos médios das variáveis, por conta da dificuldade de representar adequadamente nos modelos as incertezas envolvidas em situações extremas de mudança do clima.

Estimou-se que, sem mudança do clima, o PIB brasileiro será de R\$ 15,3 trilhões (reais de 2008) no cenário A2-BR em 2050, e R\$ 16 trilhões no cenário B2-BR. Com o impacto da

mudança do clima, esses PIBs seriam reduzidos para 0,5% e 2,3%, respectivamente.

Antecipados para valor presente, com uma taxa de desconto de 1% ao ano, essas perdas ficariam entre R\$ 719 bilhões e R\$ 3,6 trilhões, o que equivaleria à perda de pelo menos um ano de crescimento nos próximos 40 anos.

Com ou sem mudança do clima, o PIB é sempre maior em B2-BR do que em A2-BR. Isto quer dizer que, no cenário B2-BR, a economia crescerá mais. Em ambos cenários, a pobreza aumentaria por conta da mudança do clima, mas de forma quase desprezível.

Haveria uma perda média anual para o cidadão brasileiro em 2050 entre R\$ 534,00 (ou US\$ 291,00) e R\$ 1.603,00 (ou US\$ 874,00). O valor presente em 2008 das reduções no consumo dos brasileiros acumuladas até 2050 ficaria entre R\$ 6.000,00 e R\$ 18.000,00, representando de 60% a 180% do consumo anual per capita atual.

As áreas mais vulneráveis à mudança do clima no Brasil seriam a Amazônia e o Nordeste. Na Amazônia, o aquecimento poderia chegar a 7-8°C em 2100, o que prenunciaria uma alteração radical da floresta.

O declínio de precipitação afetaria a vazão de rios em bacias do Nordeste, importantes para geração de energia, como a do Parnaíba e a do Atlântico Leste, com redução de vazões de até 90% entre 2070 e 2100. Haveria perdas expressivas para a agricultura em todos os estados, com exceção dos mais frios no Sul-Sudeste, que passariam a ter temperaturas mais amenas.

Entretanto, por não haver muitos estudos sobre o assunto no país, este trabalho possui uma série de limitações. São cinco as principais limitações:

- O uso de apenas um modelo climático global, no qual se basearam as análises setoriais e econômicas, decisão fundamentada no grau de conhecimento disponível no início do estudo com simulações de funções de distribuição de probabilidade para diversos parâmetros e na experiência do INPE com o *downscaling* dos modelos globais.
- A abordagem determinística do estudo, isto é, a não consideração explícita do risco e da incerteza e a ênfase em valores médios esperados, com foco restrito sobre custos imediatos de pequenas mudanças de temperatura sobre um conjunto limitado de impactos mensuráveis.

- A incompletude da base de dados e de informações técnicas disponíveis, desde modelos climáticos e projeções sobre o clima futuro, até dados ecológicos e socioeconômicos, incluindo a valoração econômica. Nos setores mais complexos ou com conhecimento técnico restrito (como biodiversidade e zona costeira), as análises e a valoração econômica são preliminares.
- A não incorporação de mudanças tecnológicas de longo prazo, pela falta de cenários e análises sobre as quais basearem as projeções, uma decisão decorrente da incipiência dos modelos e das restrições técnicas de ligar todos os modelos, desde as projeções de variações climáticas até seus impactos socioeconômicos.

Estudos futuros farão as análises locais e dos impactos das dimensões institucionais, legais e culturais. As análises sociais se limitaram ao que surgiu da análise macroeconômica e apenas parcialmente dos diversos capítulos setoriais. Além disso, não foram estimados os impactos das mudanças climáticas sobre a infraestrutura, e menos ainda sobre alternativas de adaptação, aspectos que aguardam pesquisas.

#### 4.10 Cooperação Sul-Sul sobre Questões relacionadas à Mudança do Clima

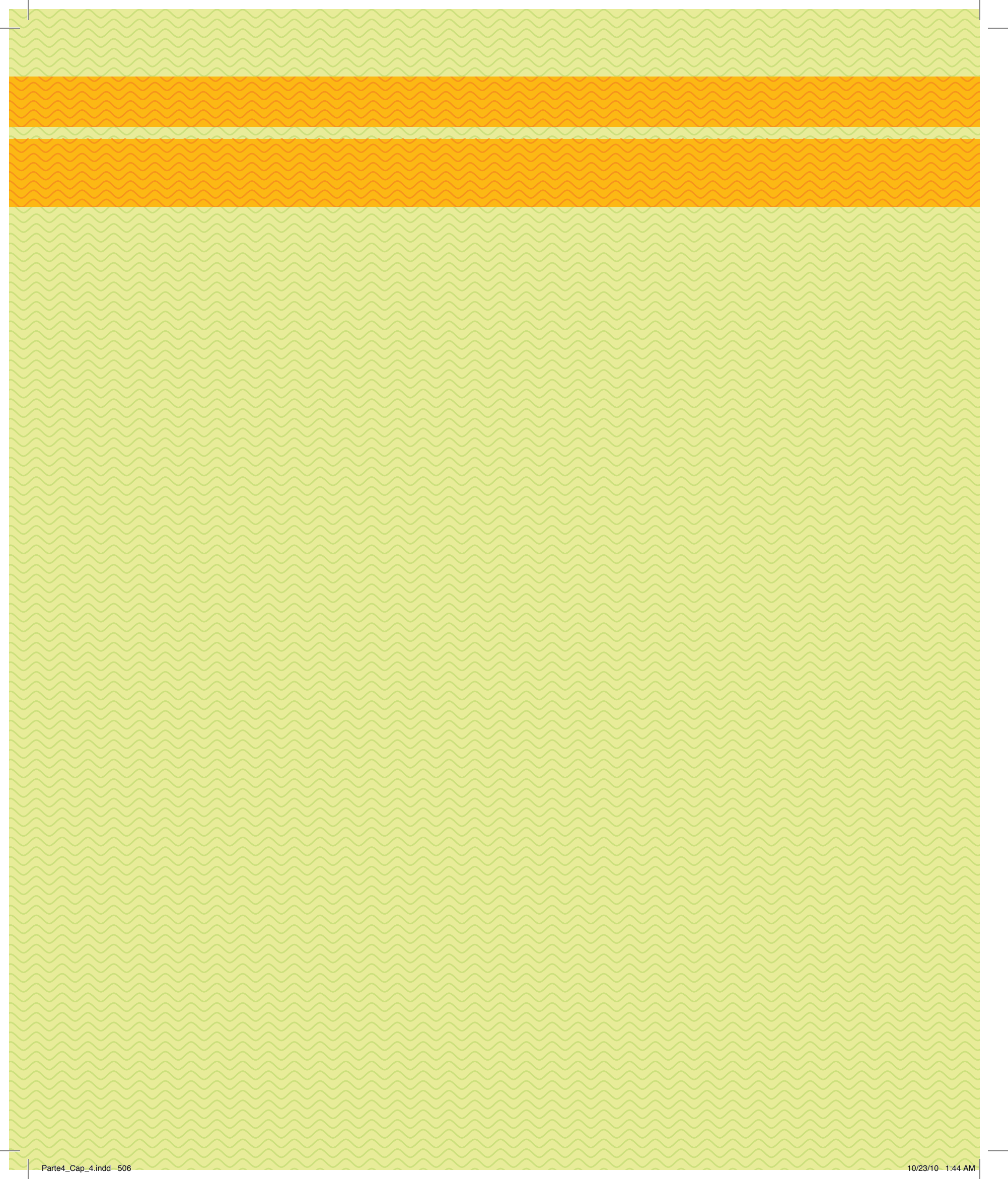
Além do treinamento sobre modelagem de cenários regionais futuros de mudança do clima para países da América Latina e Caribe, o Brasil tem também colaborado com a formação de capacidade nacional em outros países em desenvolvimento. Dentro de um espírito de cooperação e solidariedade, sem buscar impor conceitos e guiados pela premissa de respeitar as especificidades e necessidades de cada país, técnicos brasileiros têm atuado com equipes de outros países não Anexo I, sobretudo para promover capacitação em relação à elaboração da Comunicação Nacional à Convenção e à instalação da Autoridade Nacional Designada nesses países, com a consequente identificação de oportunidades e elaboração de atividades de projeto no âmbito do MDL.

Dentre essas atividades, pode-se enumerar:

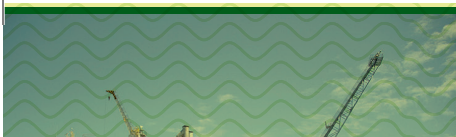
- treinamento sobre aspectos metodológicos, práticos e jurídicos sobre o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, com visita de técnicos da Coordenação-Geral de Mudanças Globais do Clima (Secretaria Executiva da AND brasileira) ao Haiti com vistas ao estabelecimento da Autoridade Nacional Designada do MDL daquele país, em 2005 e 2006;



- treinamento sobre aspectos metodológicos, práticos e jurídicos sobre o MDL, com visita de técnicos da Autoridade Nacional Designada de Botswana à Coordenação-Geral de Mudanças Globais do Clima (Secretaria Executiva da AND brasileira) e atividades de projeto de MDL no Brasil em 2008;
- treinamento sobre aspectos metodológicos, práticos e jurídicos sobre o MDL, com visita de técnicos da Coordenação-Geral de Mudanças Globais do Clima (Secretaria Executiva da AND brasileira) a Cabo Verde com vistas ao estabelecimento da Autoridade Nacional Designada do MDL naquele país em 2009;
- treinamento sobre aspectos metodológicos, práticos e jurídicos sobre o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, com visita de técnicos da Coordenação-Geral de Mudanças Globais do Clima (Secretaria Executiva da AND brasileira) a São Tomé e Príncipe com vistas ao estabelecimento da Autoridade Nacional Designada do MDL naquele país em 2009;
- treinamento sobre inventário de emissões de gases de efeito estufa a técnicos de Cabo Verde com visita de técnicos da Coordenação-Geral de Mudanças Globais do Clima (Secretaria Executiva da AND brasileira) a este país em 2009;
- treinamento sobre inventário de emissões de gases de efeito estufa a técnicos de São Tomé e Príncipe com visita de técnicos da Coordenação-Geral de Mudanças Globais do Clima (Secretaria Executiva da AND brasileira) a este país em 2009;
- treinamento sobre inventário de emissões de gases de efeito estufa a técnicos de Angola com visita de técnicos da Coordenação-Geral de Mudanças Globais do Clima (Secretaria Executiva da AND brasileira) a este país em 2009;
- treinamento sobre arranjos institucionais e questões jurídicas referentes à estruturação de Autoridades Nacionais Designadas do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo na África, em Adis Abeba, Etiópia, em 2009;
- treinamento para fortalecer a capacidade de técnicos de Cabo Verde na identificação de necessidades do país em relação a impactos, vulnerabilidades e medidas de adaptação aos possíveis efeitos adversos da mudança global do clima, bem como opções de transferência de tecnologias de mitigação e adaptação, no contexto da elaboração da Primeira Comunicação Nacional de Cabo Verde à Convenção em 2010;
- treinamento para fortalecer a capacidade de técnicos de Angola na identificação de necessidades do país em relação a impactos, vulnerabilidades e medidas de adaptação aos possíveis efeitos adversos da mudança global do clima, bem como opções de transferência de tecnologias de mitigação e adaptação, no contexto da elaboração da Primeira Comunicação Nacional de Angola à Convenção em 2010;
- apoio ao Grupo de Especialistas sobre Países de Menor Desenvolvimento Relativo - LDCs (sigla em inglês de *Least Developed Countries*) na tradução em português do "Guia passo-a-passo para Implementação dos Planos de Ação Nacional de Adaptação" ("*Step by step guide for implementing national adaptation programmes of action*") em 2010.







# Capítulo 5

Informação e Formação de Rede



# 5 Informação e Formação de Rede

É amplamente reconhecido que o tema de mudança global do clima é, sobretudo, um tema relacionado ao desenvolvimento, tendo, portanto, natureza transversal. As causas e os efeitos da mudança global do clima são múltiplos, envolvendo várias áreas, o que requer uma abordagem sistêmica do assunto. Considerando esta abordagem, é fundamental que haja uma troca contínua de informações entre diferentes áreas, caso contrário, há o risco de se fazer análises reducionistas e equivocadas.

## 5.1 Intercâmbio de Informações

A Coordenação-Geral de Mudanças Globais do Clima – CGMC, como coordenadora da Comunicação Nacional brasileira, busca promover e cooperar no intercâmbio pleno, aberto e imediato de informações científicas, tecnológicas, técnicas, socioeconômicas e jurídicas relativas à mudança do clima, bem como às consequências econômicas e sociais de diversas estratégias de resposta, com diversos órgãos governamentais (MDIC, MMA, Embrapa, Cetesb, governos estaduais e municipais, etc.) e não governamentais (TNC e WWF Brasil), assim como com o setor privado (Petrobras, Vale, Unica, etc). Tal cooperação busca também conscientizar essas entidades a levar em conta, na medida do possível, os fatores relacionados com a mudança do clima em suas políticas e medidas sociais, econômicas e ambientais pertinentes, com vistas a minimizar os efeitos negativos na economia, na saúde pública e na qualidade do meio ambiente, provocados por projetos ou medidas aplicadas para promover a mitigação ou adaptação à mudança do clima.

O grau de complexidade dos assuntos relacionados à mudança do clima e a natureza transversal dos mesmos tem requerido arranjos institucionais adequados para lidar com essas realidades. À luz disso, foram criados, no âmbito do Governo Federal brasileiro, arranjos interministeriais, como é o caso da Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima e do Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima<sup>303</sup>, visando ao intercâmbio pleno de informações e ao trabalho em rede, o que permite o processo de tomada de decisões ser feito de forma mais informada e abrangente.

303 Vide Parte I seção 3 sobre Arranjos Institucionais Relevantes para a Elaboração da Comunicação Nacional em Bases Permanentes.

No âmbito científico, pesquisas interdisciplinares em mudança global do clima são a regra. Tais pesquisas geralmente contam com a cooperação de vários grupos de pesquisa do Brasil e do exterior. Boa parte dos exemplos mencionados nas seções de pesquisa e observação sistemática, bem como de formação de capacidade nacional e regional funcionam por meio de redes, como os Programas Mundiais de Clima, Pirata, LBA, PPG-7, Proantar, Rede Clima, INCT para Mudanças Climáticas, bem como os esforços referentes à modelagem de cenários futuros de mudança de clima.

Além dessas redes científicas, o Brasil tem se engajado em redes de coordenação de esforços relacionados à mitigação e à adaptação da mudança do clima, como os exemplos abaixo.

### 5.1.1 Rede Iberoamericana de Mudança do Clima - RIOCC

Em 2004, foi criada a Rede Iberoamericana de Mudança do Clima – RIOCC (sigla em espanhol de *Red Iberoamericana de Oficinas de Cambio Climático*), durante o IV Fórum Iberoamericano de Ministros do Meio Ambiente, celebrado em outubro daquele ano, em Cascais, Portugal.

A Rede integra as coordenações/secretarias nacionais de mudança global do clima dos 21 países da Comunidade Iberoamericana de Nações: Argentina, Bolívia, Brasil, Chile, Colômbia, Costa Rica, Cuba, Equador, El Salvador, Espanha, Guatemala, Honduras, México, Nicarágua, Panamá, Paraguai, Peru, Portugal, República Dominicana, Uruguai e Venezuela. Diferentes organismos e instituições regionais e internacionais são convidados a participar das reuniões anuais, que contribuem ativamente para os trabalhos e os objetivos da RIOCC<sup>304</sup>.

A RIOCC trabalha de forma sinérgica com a Convenção, cujo Secretariado geralmente participa dos encontros anuais da Rede, e sob a tutela dos Ministros Iberoamericanos de Meio Ambiente e da Ciência e Tecnologia (no caso do Brasil). Esses apresentam nas Conferências Iberoamericanas, formadas por chefes de Estado, as conclusões mais relevantes derivadas da RIOCC.

304 São organismos e instituições internacionais e regionais colaboradoras da RIOCC: Banco Interamericano de Desenvolvimento – BID, Banco Mundial – BM, Centro Agronômico Tropical de Investigación y Enseñanza – CATIE, Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe – CATHALAC (Panamá), Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño – CIIFEN (Equador), Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe – CEPAL e Comunidade Andina – CAN, Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima – CQNUMC, Corporação Andina de Fomento – CAF, Estratégia Internacional de Redução de Desastres – EIRD, Instituto Interamericano para Pesquisas em Mudanças Globais – IAI, Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD, Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – PNUMA e Sistema Mundial de Observação do Clima – SMOC.

O objetivo geral da RIOCC é garantir o desenvolvimento sustentável na região iberoamericana, integrando os planos de desenvolvimento e os programas de cooperação bilateral e multilateral na luta contra a mudança do clima e as medidas de adaptação a seus efeitos adversos.

A rede tem como objetivos específicos:

- manter um diálogo fluido permanente com o fim de conhecer melhor as prioridades, dificuldades e experiências dos países iberoamericanos em políticas de mudança do clima;
- propiciar a implementação efetiva das decisões da Convenção, em particular sobre adaptação e mitigação;
- promover a criação de capacidades e conhecimentos, incluindo, entre outras matérias, a transferência de tecnologia, a observação sistemática e as opções de adaptação à mudança do clima;
- contribuir à aproximação de posições nos *fora* internacionais de negociação sobre mudança do clima e desenvolvimento sustentável;
- promover a integração da mudança do clima nas estratégias de ajuda oficial ao desenvolvimento;
- facilitar a relação entre os setores público e privado nos países da rede, de modo que seja possível incrementar os benefícios que oferecem as atividades de projeto de MDL e trabalhar conjuntamente na identificação e remoção de barreiras ao MDL.

### 5.1.2 Rede Lusofônica de Especialistas em Alterações Climáticas - RELAC

A Comunidade de Países de Língua Portuguesa – CPLP foi formalizada em 1996, com o objetivo de ser um fórum de concertação político-diplomática; de promover a cooperação ativa, apoiando ou enquadrando ações em diversos domínios da atividade governativa e da sociedade civil; e contribuir para a promoção e difusão da língua portuguesa. A criação da CPLP veio impulsionar ou enquadrar reuniões governamentais, em âmbito ministerial ou técnico, em diversos setores.

Assim, na área de mudança do clima, foi criada a RELAC, em 2005, com o objetivo de promover a cooperação em relação à mitigação e à adaptação à mudança do clima e promover a aproximação das unidades governamentais que lidam com a questão nos respectivos países. Os países envolvidos na RELAC são os mesmos países da CPLP: Angola, Brasil, Cabo Verde, Guiné Bissau, Moçambique, Portugal, São Tomé e Príncipe e Timor Leste.

A cooperação no âmbito da RELAC, até o momento, tem sido feita, sobretudo, de forma bilateral. O Brasil está particularmente engajado em construir capacidade em países africanos de língua portuguesa, além do Timor Leste, sobre as questões relacionadas à mudança do clima. Várias atividades foram feitas até agora nesse sentido, não apenas promovendo treinamento para apoiar esses países na elaboração de suas Comunicações Nacionais, mas também na instalação e no funcionamento de suas Autoridades Nacionais Designadas para o MDL<sup>305</sup>.

305 Vide nesta Parte seção 4.9 sobre Cooperação Sul-Sul sobre Questões relacionadas à Mudança do Clima.

## Referências Bibliográficas

- ADAMS, P. D; HORRIDGE, J. M; WITTWER, G. *MMRF-GREEN: A dynamic multi-regional applied general equilibrium model of the Australian economy, based on the MMR and MONASH models*. Monash University, Centre of Policy Studies. 70 p. November, 2002.
- ALVES, D. S.; BECKER, B. K. & BATISTELLA, M., 2004. *Land Cover/Land Use Change and Human Dimensions in the Large Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazonia* - LBA. LUCC Newsletter. 10, 4-5.
- AMBRIZZI, T.; ROCHA, R.; MARENGO, J. A.; PISNITCHENKO, I.; ALVES, L. & FERNANDEZ, J. P., 2007. Cenários regionalizados de clima no Brasil para o Século XXI: Projeções de clima usando três modelos regionais. *Relatório 3. Mudanças Climáticas Globais e Efeitos sobre a Biodiversidade - Sub projeto: Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do Século XXI*. Brasília: MMA, fevereiro 2007.
- ASNER, G. P.; KNAPP, D. E.; BROADBENT, E. N.; OLIVEIRA, P. J. C.; KELLER, M. & SILVA, J. N., 2005. Selective logging in the Brazilian Amazon. *Science*. 310, 480-482.
- BECKER, B. K.; COSTA, W. M. & ALVES, D. S., 2007. *Dimensões humanas da biosfera-atmosfera na Amazônia*. São Paulo: EDUSP.
- BNDES - BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO; CGEE - CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS, 2008. *Bioetanol de Cana-de-Açúcar: Energia para o Desenvolvimento Sustentável*. 1ª ed. Rio de Janeiro.
- BOURLÈS, B.; LUMPKIN, R., MCPHADEN, M. J.; HERNANDEZ, F.; NOBRE, P.; CAMPOS, E.; Yu, L.; PLANTON, S.; BUS
- ALACCHI, A. J.; MOURA, A. D.; SERVAIN, J. & TROTTE, J., 2008. *The PIRATA Program: History, Accomplishments, and Future Directions*. Bulletin of the American Meteorological Society, 89 (8), doi: 10.1175/2008BAMS2462.1.
- BRASIL - Ministério da Ciência e Tecnologia. Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima, 2004. *Comunicação Nacional Inicial do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima*. Brasília: MCT. 274p.
- CGEE - CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS, 2008. Mudança do clima no Brasil: vulnerabilidade, impactos e adaptação. *Parcerias Estratégicas*, v. 27. Brasília: CGEE. Disponível em: <<http://www.cgee.org.br/parcerias/p27.php>>. Acesso em: 08 set. 2010.
- CONPET - Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural. *Programa Conpet nas Escolas*. Disponível em: < <http://www.conpet.gov.br/>>. Acesso em: 2 jun. 2010.
- DEFRIES, R. S.; FOLEY, J. A. & ASNER, G. P., 2004. Land-use choices: balancing human needs and ecosystem function. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2, 249-257.
- FERREIRA FILHO, J. B. S.; ROCHA, M. T. *Economic Evaluation of Public Policies Aiming the Reduction of Greenhouse Gases in Brazil*. Journal of Economic Integration, v. 23, p. 709733, 2008.
- FOLEY, J. A.; ASNER, G. P.; COSTA, M. H.; COE, M. T.; DEFRIES, R.; GIBBS, H. K.; HOWARD, E. A.; OLSON, S.; PATZ, J.; RAMANKUTTY, N. & SNYDER, P., 2007. Amazonia revealed: forest degradation and loss of ecosystem goods and services in the Amazon Basin. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 5, 25-32.
- LBA - Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia, 1996. *Plano Científico Conciso*. Disponível em <http://lba.cptec.inpe.br/lba/site/?p=historico&t=1#>. Acesso em: 1 ago. 2007.
- MALHI, Y., et al., 2004. The above-ground wood productivity and net primary productivity of 104 neotropical forests plots. *Global Change Biology*. 10, 563-591.
- MARCOVITCH, J. (coord.) et al., 2010. *Economia da Mudança do Clima no Brasil: custos e oportunidades*. São Paulo: IBEP Gráfica. p82. Disponível em: <[http://www.economia-doclima.org.br/files/biblioteca/Economia\\_do\\_clima.pdf](http://www.economia-doclima.org.br/files/biblioteca/Economia_do_clima.pdf)>. Acesso em: 12 set 2010.
- MARENGO, J.; NOBRE, C.; TOMASELLA, J.; SAMPAIO, G.; OLIVEIRA, R.; CAMARGO, H.; OYAMA, M. & ALVES, L.,



2007. *The drought of Amazonia in 2005*. Journal of Climate. Submitted.

MARENGO, J. A.; AMBRIZZI, T.; ROCHA, R. P.; ALVES, L. M.; CUADRA, S. V.; VALVERDE, M. C.; FERRAZ, S. E. T.; TORRES, R.R. & SANTOS, D. C., 2009. *Future change of climate in South America in the late XXI Century: Intercomparison of scenarios from three regional climate models*. Clim Dyn. doi 10.1007/s00382-009-0721-6.

MEIRA FILHO, G. & MIGUEZ, J. D., 2000. Nota sobre a relação de dependência temporal entre as emissões de gases de efeito estufa e a mudança do clima. *Nota técnica*. Brasília: MCT. 37p.

MILES, L.; GRAINGER, A. & PHILLIPS, O., 2004. *The impact of global climate change on tropical forest biodiversity in Amazonia*. Global Ecol. Biogeogr., 13, 553-565.

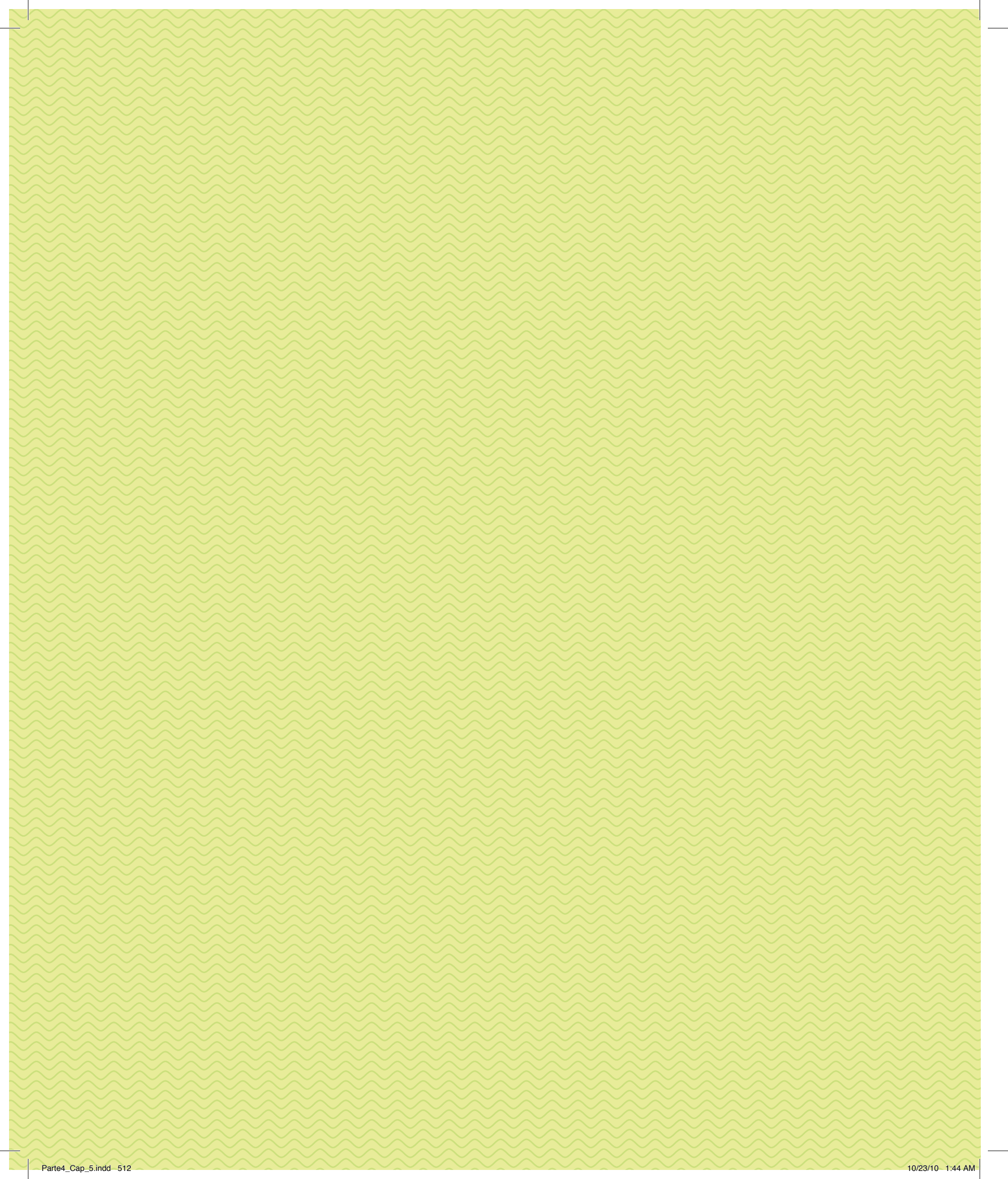
NEPSTAD, D.; VERÍSSIMO, A.; ALENCAR, A.; NOBRE, C. A.; LEFEBVRE, P.; SCHLESINGER, P.; POTTER, C.; MOUTINHO, P.; LIMA, E.; COCHRANE, M. & BROOKS, V., 1999. *Large-scale impoverishment of Amazonian forests by logging and fire*. Nature. 398, 505-508.

NOBRE, P. & URBANO, D. F., 2010. *Projeto PIRATA Brasil, 1998-2010*. Relatório INPE, no prelo.

PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. *Procel nas Escolas*. Disponível em: <<http://www.eletrobras.gov.br/elb/procel/main.asp?TeamID={47593290-EFB7-4E08-92A2-8E6679154F7F}>>. Acesso em: 2 jun. 2010.

\_\_\_\_\_. *Resultados alcançados pelo Procel na Educação Básica até dezembro de 2008*. Disponível em: <<http://www.eletrobras.gov.br/elb/procel/main.asp?TeamID={47593290-EFB7-4E08-92A2-8E6679154F7F}>>. Acesso em: 2 jun. 2010.

SALESKA, S. R.; MILLER, S. D.; MATROSS, D. M.; GOULDEN, M. L.; WOFSY, S. C.; ROCHA, H. R.; CAMARGO, P. B.; CRILL, P.; DAUBE, B. C.; FREITAS, H. C.; HUTYRA, L.; KELLER, M.; KIRCHHOFF, V.; MENTON, M.; MUNGER, J. W.; PYLE, E. H.; RICE, A. H. & SILVA, H., 2003. *Carbon in Amazon forests: unexpected seasonal fluxes and disturbance-induced losses*. Science. 302, 1154-1157.





Dificuldades Financeiras, Técnicas e de Capacitação para  
a Execução da Comunicação Nacional

PARTE 5

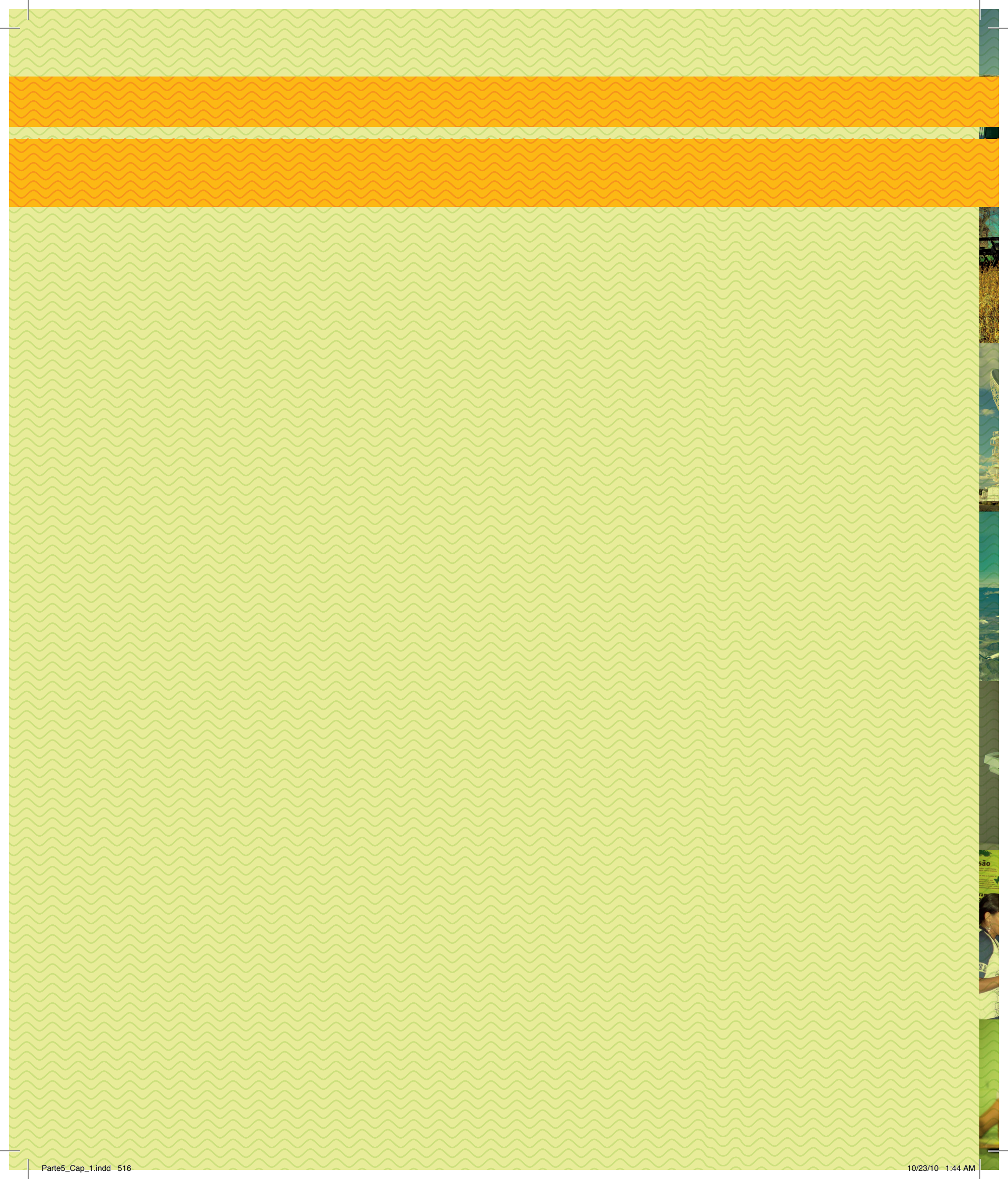




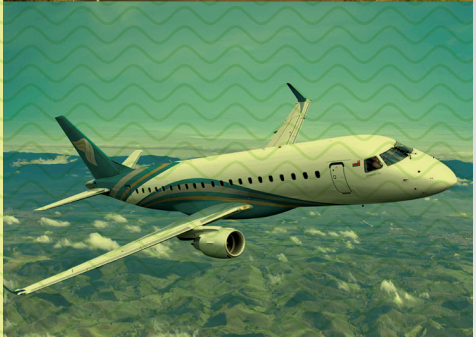
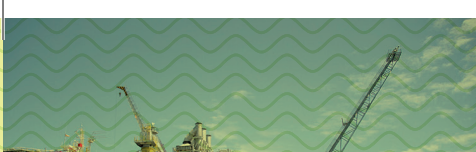
# PART 5

# ÍNDICE

1	DIFICULDADES FINANCEIRAS, TÉCNICAS E DE CAPACITAÇÃO PARA A EXECUÇÃO DA COMUNICAÇÃO NACIONAL .....	518
---	--	-----







# Capítulo 1

Dificuldades Financeiras, Técnicas e de Capacitação para a Execução da Comunicação Nacional



# 1 Dificuldades Financeiras, Técnicas e de Capacitação para a Execução da Comunicação Nacional

O projeto de elaboração da Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção teve seu orçamento estabelecido, em 2005, por ocasião de assinatura do documento de projeto BRA/05/G31, em US\$ 3.400.000, oriundos integralmente do GEF, que é uma entidade operacional do mecanismo financeiro da Convenção, e US\$ 4.175.600, oriundos da contrapartida nacional, totalizando um orçamento original de US\$ 7.575.600.

O MCT, agência executora do referido projeto, assim como ocorreu quando da elaboração da Comunicação Nacional Inicial do Brasil, também financiada com recursos do GEF, utiliza os recursos desse Fundo para alavancar contrapartidas de diversas instituições parceiras, que participam diretamente da execução de cada resultado do projeto, tendo em vista que o orçamento originalmente disponibilizado apenas é suficiente para a realização dos resultados básicos previstos, sem qualquer ampliação do seu conteúdo ou detalhamento, o que muitas vezes se mostra necessário por se tratar de estudos técnicos de alta complexidade para os quais a ampliação do conteúdo e detalhamento contribui, sobremaneira, à qualidade final do resultado.

No caso específico da Segunda Comunicação Nacional do Brasil, a agência executora desse projeto, o MCT, teve que envidar esforços adicionais no que se refere à parte de execução financeira do projeto, pois, além das contrapartidas que normalmente são esperadas para ampliação e detalhamento dos resultados, foram necessários aportes de recursos adicionais para possibilitar a realização de alguns estudos, dada a valorização do real em relação ao dólar, verificada durante todo período de execução do projeto, de 2006 a 2010.

Quando o projeto foi negociado com o GEF, a cotação do dólar considerada naquela ocasião foi de R\$ 3,15. Nesse cenário, certamente o orçamento aprovado do projeto (US\$ 3.400.000 do GEF somados à US\$ 4.175.600 da contrapartida nacional original) seria suficiente para a realização de todos os estudos básicos previstos, ficando as ampliações e detalhamentos, ou seja, as atividades adicionais que seriam implementadas, à custa das contrapartidas que seriam negociadas durante a execução do projeto com cada parceiro.

Contudo, a cotação do dólar foi, segundo taxa oficial das Nações Unidas, no mês de outubro de 2010, de R\$ 1,71, tendo oscilado durante toda a execução do projeto em valores inferiores aos considerados quando da proposição do projeto (Figura 1.1), o que levou o projeto a enfrentar diversas dificuldades financeiras para cumprimento de seus compromissos básicos, visto que todas as suas despesas comprometidas foram realizadas em reais.

Figura 1.1 Cotação do dolar de janeiro de 2003 a outubro de 2010



A eficiente consecução da Segunda Comunicação Nacional do Brasil, com as devidas ampliações e detalhamentos daqueles estudos julgados necessários pela área técnica, bem como a regularização das dificuldades enfrentadas com a valorização cambial, demandaram recursos da ordem de US\$ 10.604.222.

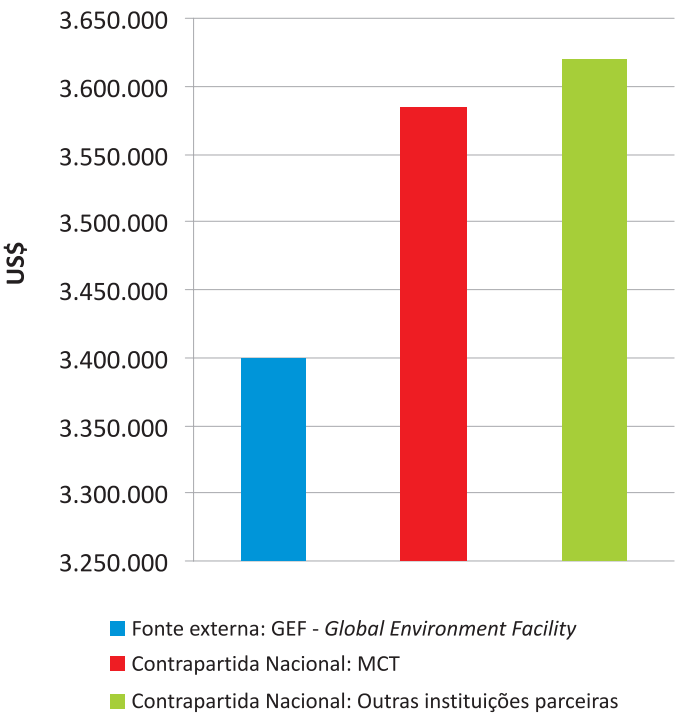
Desses recursos, US\$ 3.400.000 foram disponibilizados pelo GEF e US\$ 7.204.222 oriundos de contrapartidas nacionais. Esta contrapartida, inicialmente, era de US\$ 4.175.600. Contudo, diante da valorização cambial e da necessidade apurada de atividades adicionais durante a execução do projeto, tal contrapartida não foi suficiente, o que fez com que o MCT tivesse que atuar junto a diversas instituições e a órgãos do próprio Ministério, no sentido de conseguir aportes adicionais de recursos, sem os quais o trabalho não seria concluído.

Com uma atuação ativa e graças à sólida construção de parcerias que o MCT realizou, foi possível alavancar recursos de contrapartida, no valor de US\$ 3.028.622, para que o projeto fosse finalizado de forma eficiente e mantendo a qualidade espera-

da dos resultados produzidos. Essa contrapartida adicional foi oriunda, além do próprio MCT, de outras instituições parceiras, como por exemplo, MME, INPE, Embrapa, Cetesb, Funcate, e&e, Associação Brasileira do Carvão Mineral - ABCM, etc.

A Figura 1.2 demonstra as contrapartidas alocadas, separando o MCT das demais instituições, bem como o orçamento original disponibilizado pelo GEF. Como pode ser observado, o próprio MCT destinou recursos superiores aos oriundos do GEF, o que demonstra o compromisso do governo brasileiro com o trabalho realizado.

**Figura 1.2 Origem dos recursos alocados na execução da Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**



Em relação à parte de execução administrativa, é importante registrar o empenho e o esforço dedicado à execução do projeto tanto por parte do PNUD como por parte da Agência Brasileira de Cooperação do Ministério das Relações Exteriores - ABC/MRE, o que repercutiu positivamente nos resultados alcançados pelo projeto.

O PNUD, como agência implementadora, estabeleceu uma unidade específica para atendimento do projeto. Esta unidade, lotada em Brasília, contou com três supervisores que acompanharam todas as atividades e ações desenvolvidas e implementadas no âmbito do referido projeto. Toda e qualquer ação ou providência tomada pela Agência Executora, o MCT, para execução do projeto era previamente avaliada por esta

unidade, que orientava quanto aos procedimentos aplicáveis, bem como participava das seleções realizadas e avaliava cada produto apresentado ao projeto, fosse resultado de consultorias nacionais, fosse resultados de parcerias com instituições públicas e privadas. Além disso, esta unidade desempenhou um papel de monitoramento contínuo das atividades do projeto com a realização de visitas constantes ao MCT, o que possibilitou um ganho de eficiência extraordinário para o projeto em relação à implementação do mesmo, tendo garantido uma maior segurança ao MCT, que pôde contar com o apoio desta unidade para todos os procedimentos de execução adotados.

O MCT trabalhou em sintonia com esta unidade do PNUD na definição de procedimentos inovadores que contribuíram para a eficiente execução do projeto e constatou uma grande diferença na qualidade da cooperação oferecida pelo PNUD, uma vez que para a execução do projeto da Comunicação Nacional Inicial do Brasil, implementado durante o período de 1996 a 2000, não foi disponibilizado pelo Organismo esse tipo de apoio de uma unidade específica, o que certamente fez a diferença na execução do projeto da Segunda Comunicação Nacional do Brasil.

Embora a atuação do PNUD tenha sido muito positiva e fundamental ao sucesso do projeto, foram enfrentados pequenos contratempos em áreas naquele Organismo que precisam ser fortalecidas. Como exemplo, pode-se citar a área de licitações, visto que os principais problemas enfrentados na execução do projeto estiveram relacionados ao processo burocrático e à demora nas aquisições de bens e serviços, que, de certa forma, prejudicaram o bom andamento dos trabalhos e repercutiram negativamente no cronograma de execução do projeto, ainda que tais dificuldades tenham sido, ao final, superadas com o apoio da direção do próprio PNUD.

Em relação às dificuldades técnicas, particularmente no tocante ao Inventário, as questões mais relevantes foram as relacionadas ao Setor de Mudança do Uso da Terra e Florestas, devido à complexidade da metodologia utilizada, envolvendo a interpretação de um número muito grande de imagens de satélite. Em função da decisão de utilização parcial de trabalhos anteriores, ainda devido à limitação de recursos, houve atraso no cronograma em função da constatação da necessidade de correção e adaptação desses trabalhos.

No Setor de Agropecuária, houve também um atraso inesperado em função do atraso do Censo Agropecuário 2006, cujos resultados somente foram publicados em outubro de 2009, os quais continham resultados essenciais às metodologias detalhadas adotadas no Inventário.



## Agradecimentos

Expressamos nossa mais profunda gratidão, pelos constantes incentivos e apoio em todos os momentos aos trabalhos realizados, ao Ministro de Estado da Ciência e Tecnologia, Dr. Sergio Rezende, e ao Secretário Executivo, Dr. Luiz Antonio Rodrigues Elias. Estendemos nossos agradecimentos ao Dr. Eduardo Campos, que ocupou a pasta de 2004 a 2005, e ao Dr. Luiz Fernandes, que representou a Secretaria Executiva de 2004 a 2007.

Agradecemos também ao Ministério de Minas e Energia - MME, cuja equipe participou em várias etapas na elaboração deste documento dando suporte técnico e financeiro na execução dos trabalhos que possibilitaram esta publicação.

Agradecemos às equipes do GEF, do PNUD e da ABC/MRE por meio dos dirigentes dessas instituições: Sra. Monique Barbut, Dr. Jorge Chediek e Ministro Marco Farani, respectivamente, e, em particular, algumas pessoas muito especiais sem as quais a realização desse trabalho não teria sido possível: Robert Dixon, Diego Massera e Oliver Page, do GEF; Rebeca Grynspan, do PNUD/Latino América e Caribe; Kim Bolduc, Eduardo Gutierrez, Carlos Castro, Rose Diegues, Luciana Brant, do PNUD-Brasil, bem como Márcio Corrêa e Alessandra Ambrosio, da ABC/MRE. Agradecemos, igualmente, à equipe da ASCAP/MCT, na pessoa de sua dirigente, Dra. Ione Egler. Agradecemos, por fim, à equipe da Unidade de Supervisão Técnica e Orientação Jurídica do PNUD-Brasil. A todas essas pessoas, por seu apoio e 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/05/G31  
EQSW 103/104 Lote 01 Bloco D - Setor Sudoeste  
70.670-350 Brasília-DF  
Telefone: (61) 3038-9065 - Fax: (61) 3038-9010  
e-mail: [registry@undp.org](mailto:registry@undp.org) - <http://www.undp.org.br>

### **Programas Plurianuais do Governo Federal (2003-2008 e 2007-2011)**

Programa Mudanças Climáticas  
Programa de Meteorologia e Mudanças Climáticas

O trabalho contou ainda com o apoio financeiro de:  
Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT  
Ministério de Minas e Energia - MME