

RITA DA MATA RIBEIRO

**AGROENERGIA NA MITIGAÇÃO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS
GLOBAIS, NA SEGURANÇA ENERGÉTICA E NA PROMOÇÃO
SOCIAL**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Fitotecnia, para obtenção do
título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2009

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV

T

R484a
2009

Ribeiro, Rita da Mata, 1979-

Agroenergia na mitigação das mudanças climáticas
globais, na segurança energética e na promoção social /
Rita da Mata Ribeiro. – Viçosa, MG, 2009.

xix, 173f. : il (algumas col.) ; 29cm.

Inclui anexos.

Orientador: Luiz Antônio dos Santos Dias

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 173

1. Plantas oleaginosas. 2. Biodiesel. 3. Mudanças climáticas.
4. Combustíveis. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

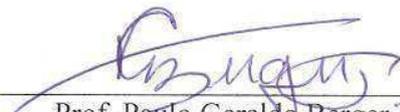
CDD 22.ed. 633.85

RITA DA MATA RIBEIRO

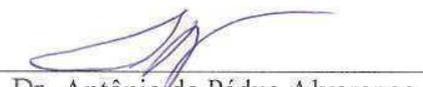
AGROENERGIA NA MITIGAÇÃO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS
GLOBAIS, NA SEGURANÇA ENERGÉTICA E NA PROMOÇÃO
SOCIAL

Dissertação apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Programa de Pós-Graduação
em Fitotecnia, para obtenção do título de
Magister Scientiae.

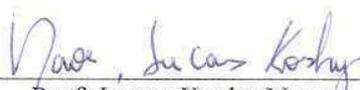
APROVADA: 27 de agosto de 2009.



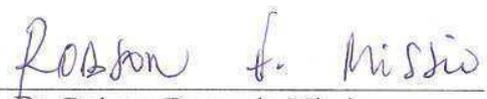
Prof. Paulo Geraldo Berger
(Co-Orientador)



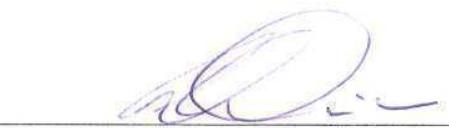
Dr. Antônio de Pádua Alvarenga



Prof. Lucas Koshy Naoe



Dr. Robson Fernando Missio



Prof. Luiz Antônio dos Santos Dias
(Orientador)

Dedico

À minha amada e inesquecível mãe, Maria Cristina,

Ao meu querido pai, José da Mata,

À minha querida avó, Isabel,

Aos meus adorados irmãos, Ronaldo, Cícera, Mônica, Wanessa e Luciana,

Aos meus lindos sobrinhos, Monique, Jad, Isabella, João Victor, Pablo Kaio, Pedro Kaique, Emilly,

Eduarda e Ana Paula

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força e coragem no enfrentamento das dificuldades e emoções vivenciadas durante o Programa de Mestrado.

Ao Programa Petrobras Ambiental, por meio do Projeto Sub-bacia do Ribeirão São João, pelo auxílio financeiro concedido durante o Mestrado.

À Fundação Universidade do Tocantins, em especial ao Coordenador do Projeto da Sub-bacia do Ribeirão São João, Doutor Daniel de Brito Fragoso, pelo apoio, pela amizade e pela confiança.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade de realização do Programa.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), pelo apoio durante a realização do Programa.

À Prefeitura Municipal de Viçosa, por meio da Secretária da Agricultura e Meio Ambiente, pelo apoio ao grupo de agroenergia.

Ao Exedito Alves, pelo amor, pelo incentivo, pela força e pela paciência durante o tempo de convivência, bem como pelo companheirismo nesta empreitada.

Ao professor Luiz Antônio, pelo apreço, pela confiança e pelo incentivo, especialmente nos momentos cruciais vivenciados durante o Mestrado e, sobretudo, pela valiosa e honrosa orientação. Agradeço, ainda, pelo encorajamento à inovação na realização deste trabalho.

Ao grupo de agroenergia, representado por: Robson, Auxiliadora, Tânia, Fábio, Felipe, Glauter, Júlio, Marlize, Nina Rosa e Ricardo.

Às Usinas de Produção de Biodiesel (UPBs), Granol Indústria, Comércio e Exportação S/A, Bracol Holding Ltda., Soyminas Derivados de Vegetais Ltda., Bioauto-MT Agroindustrial Ltda.; Sociedade Sales Industrial Ltda., Bioverde Indústria e Comércio de Biocombustíveis Ltda., Refinaria Nacional de Petróleo Vegetal Ltda. (FUSERMANN), Companhia Refinadora da Amazônia (Agropalma), Oleoplan S.A., pela valiosa colaboração na concessão dos dados sobre as UPBs, utilizados no terceiro capítulo do trabalho.

Aos professores Paulo Geraldo Berger e Francisco Xavier Ribeiro do Vale, pela valiosa co-orientação.

Aos ilustres membros da Banca de Avaliação, Antônio de Pádua Alvarenga, Lucas Koshy Naoe e Robson Fernando Missio, por aceitarem o convite para integrá-la.

Aos colegas do Projeto da Sub-bacia Ribeirão São João, Eduardo, Inês, Lucas Naoe e Daniel Fragoso.

Aos amigos: Andréia, Cleuma, Keila Gusmão, Lucas, Fabio Diniz, Carla, Erich Collicchio, Nelson, Júlio César, Robson, Glauter e Marcelo, pela amizade e apreço.

À minha irmã Cícera da Mata, pelo carinho e por cuidar da minha mãe na minha ausência.

Em especial, à minha família, maravilhosa e querida, pelo apoio, pela compreensão e pelo incentivo nesta jornada.

Ao meu amigo e noivo, Expedito Alves, pelo estímulo e apoio durante todos esses anos.

A todas as pessoas que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

Rita da Mata Ribeiro, filha de José da Mata Ribeiro e Maria Cristina Melo Ribeiro, nasceu em Anápolis, Estado de Goiás, em 7 de março de 1979.

Em 1997, ingressou no curso de Agronomia da Universidade do Tocantins – Unitins, hoje denominada Universidade Federal do Tocantins – UFT, recebendo o título de Engenheira Agrônoma em março de 2002.

Em 2003, foi consultora na Secretária de Planejamento e Meio Ambiente, via Sebrae, na área de extensão rural.

Em 2005, licenciou-se em Biologia, pela Unitins.

De 2002 a julho de 2007, atuou como instrutora do Senar, na área de extensão rural.

Atuou como técnica de pesquisa pela Unitins, participando do Projeto da Sub-bacia do Ribeirão São João, patrocinado pela Petrobras via Programa Petrobras Ambiental, no período de janeiro de 2008 a julho de 2009 em conciliação com o Programa de Mestrado.

Em agosto de 2007, ingressou no Programa de Mestrado em Fitotecnia, na Universidade Federal de Viçosa – UFV, Minas Gerais, submetendo-se à defesa da dissertação em agosto de 2009.

SUMÁRIO

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xi
LISTA DE TABELAS.....	xiv
RESUMO.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2. METODOLOGIA.....	4
3. REFERÊNCIAS.....	5
CAPÍTULO I - ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NO CENÁRIO GLOBAL E NO BRASIL: causas, efeitos, acordos e ações	6
1. INTRODUÇÃO.....	6
2. MUDANÇAS CLIMÁTICAS: ASPECTOS HISTÓRICOS E CIENTÍFICOS...	9
2.1 O papel do IPCC no contexto de mudanças climáticas globais.....	13
2.2 A Convenção do Clima: medidas internacionais para a redução de GEE	18
2.3 Protocolo de Quioto.....	22
2.4 Protocolo de Quioto: posição brasileira.....	29
2.5 Desmatamento em território brasileiro: ônus e bônus	32
2.6 Cenário das alterações climáticas: mundo e Brasil.....	34
2.7 Panorama das mudanças climáticas na agricultura no mundo e no Brasil.....	36
2.7.1 Medidas de mitigação e adaptação na agricultura	41
2.8 Panorama energético e sua interface com as Mudanças Climáticas Globais.....	45
2.8.1 Setor energético brasileiro: riscos e potencialidades.....	47
9. REFERÊNCIAS.....	52
CAPÍTULO II. CENÁRIO ENERGÉTICO MUNDIAL: AGROENERGIA COMO PARTE DA SOLUÇÃO	60
1. INTRODUÇÃO.....	60
2. HISTÓRICO DA INDÚSTRIA MODERNA DO PETRÓLEO.....	62

2.1. Histórico da formação da indústria do petróleo.....	65
2.2 Crises do petróleo: nova visão mundial.....	70
2.3 Reservas mundiais provadas de petróleo.....	75
3. DEMANDA ENERGÉTICA MUNDIAL: os dois lados da mesma moeda.....	76
3.1 China e Índia: duas potências em demanda energética e emissão de GEE.....	80
3.2 Cenário energético nacional: evolução da matriz energética.....	82
3.3. Energia e consumo <i>per capita</i> brasileiro.....	86
3.4 Energia renovável: conjuntura brasileira.....	87
3.5 Transporte: veículo de desenvolvimento e preocupação.....	89
4. BIOMASSA: fonte de energia e de redução de GEE.....	91
4.1 Agroenergia: nova energia mundial.....	93
4.1.1 Brasil: um olhar sobre o Plano Nacional de Agroenergia.....	100
5. ANTECEDENTES DO USO DOS AGROCOMBUSTÍVEIS NO MUNDO E NO BRASIL.....	100
5.1 Biodiesel: fonte energética e mercadológica.....	104
5.2 Produção industrial e especificações técnicas do biodiesel.....	107
5.3 Acordo internacional sobre os agrocombustíveis	109
6. MATÉRIA-PRIMA: ônus e bônus dos programas de biodiesel.....	110
6.1 Culturas energéticas para produção de biodiesel.....	111
6.2 Óleos vegetais.....	113
6.3 Características das espécies oleaginosas para a produção de biodiesel....	115
6.3.1 Algodão.....	115
6.3.2 Amendoim.....	116
6.3.3 Dendê.....	117
6.3.4 Mamona.....	119
6.3.5 Pinhão-manso.....	121
6.3.6 Soja.....	125
6.4 Características da gordura animal e dos resíduos utilizados no processo de produção de biodiesel.....	127
6.4.1 Gordura animal	127
6.4.2 Óleos e Gorduras Residuais.....	128

7. VANTAGENS E DESVANTAGENS DO USO DO BIODIESEL.....	129
8. PANORAMA MUNDIAL DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL.....	130
8.1 Mercado europeu.....	131
8.2 Estados Unidos.....	136
8.3 Cenário brasileiro.....	138
8.3.1 Programa Nacional de Uso e Produção de Biodiesel (PNPB)	138
8.3.1.1 Potencial de demanda por biodiesel.....	140
8.3.1.2 Selo Combustível Social.....	142
9. CAPACIDADE INSTALADA E POTENCIAL DAS UPBs BRASILEIRAS.....	145
10. LEILÕES DE BIODIESEL.....	146
11. REFERÊNCIAS.....	150
CAPÍTULO III: PRODUÇÃO NACIONAL DE BIODIESEL: cenário atual.....	158
1. INTRODUÇÃO.....	158
2. METODOLOGIA.....	160
2.1 Coleta dos dados.....	160
2.2 Número amostral e análise dos dados.....	161
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	162
3.1 Caracterização dos dados das UPBs.....	163
3.2. Localização das UPBs.....	164
3.3 Matéria-prima.....	164
3.4 Rota tecnológica.....	166
3.5 Selo Combustível Social.....	167
3.6 Geração de emprego.....	169
3.7 Perspectivas futuras: facilidades e desafios.....	169
4. CONCLUSÕES.....	172
5. REFERÊNCIAS.....	173

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

AEBIOM	European Biomass Association
AGL	Ácido graxo livres
AIE	Agência Internacional de Energia
ANFAVEA	Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
BASA	Banco da Amazônia S/A
BEN	Balanço Energético Nacional
BNB	Banco do Nordeste do Brasil
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BOE	Barril de Óleo Equivalente
BP	British Petroleum
BRIC	Brasil, Rússia, Índia e China
CDB	Convenção sobre Diversidade Biológica
CE	Comércio de emissões
CENPES	Centro de Pesquisa e Desenvolvimento
CEPLAC	Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira
CFCs	Clorofluorcarbonetos
CH ₄	Metano
CMA	Centro de Monitoramento de Agrocombustíveis
CNP	Conselho Nacional do Petróleo
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
CNUMAD	Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento
CQNUMC	Convenção Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima
CO ₂	Dióxido de carbono
CO ₂ eq	Dióxido de carbono equivalente
COP	Conferência das Partes
DPF	Declaração de Princípios de Floresta
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPE	Empresa Pesquisa Energética
EUA	Estados Unidos da América

FAESC	Federação da Agricultura e Pecuária do Estado de Santa Catarina
FOB	Free on Board
FR	Forçamento radiativo
GEE	Gases de Efeito Estufa
GEF	Fundo para o Meio Ambiente Global
GT	Grupos de Trabalho
HFCs	Hidrofluorcarbonetos
IC	Implementação Conjunta
IEA	Agência Internacional de Energia
IICA	Instituto Interamericano de Cooperação para Agricultura
INPI	Instituto Nacional de Propriedade Industrial
IPCC	Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas
ISO	Organização Internacional de Padronização
KOH	Hidróxido de potássio
MAPA	Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento
MBRE	Mercado Brasileiro de Reduções de Emissões
MCG	Mudanças Climáticas Globais
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia
MDA	Ministério do Estado do Desenvolvimento Agrário
MDIC	Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MEB	Matriz Energética Brasileira
MME	Ministério de Minas e Energia
MOP	Members of Parties
N ₂ O	Óxido Nitroso
NAE	Núcleo de Assuntos Estratégicos
NaOH	Hidróxido de sódio
NBB	National Biodiesel Board
OCDE	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OIE	Oferta Interna de Energia
OMM	Organização Mundial de Meteorologia
ONU	Organização das Nações Unidas

OPEP	Organização dos Países Exportadores de Petróleo
OSACT	Órgão Subsidiário de Assessoramento Científico e Tecnológico
OSBI	Órgão Subsidiário de Implementação
OTC	Offshore Technology Conference
PFCs	Perflurcarbonetos
PNE	Plano Nacional de Energia
PNPB	Programa Nacional de Produção e Uso de Biocombustíveis
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio ambiente
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
Ppb	Partes por bilhão
Ppm	Partes por milhão
PRA	Primeiro Relatório Avaliação
PROÁLCOOL	Programa Nacional do Álcool
PRONAF	Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar
PROÓLEO	Programa de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos
QRA	Quarto Relatório de Avaliação
RCEs	Reduções Certificadas de Emissões
REDD	Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação
RENASSEM	Registro Nacional de Sementes e Mudas
SAFs	Sistemas Agroflorestais
SCS	Selo Combustível Social
SF ₆	Hexafluoreto de Enxofre
SRA	Segundo Relatório de Avaliação
TEP	Tonelada Equivalente de Petróleo
TRA	Terceiro Relatório de Avaliação
UE	União Européia
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
UPBs	Usinas Produtoras de Biodiesel
W/m ²	Watts por metro quadrado

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO I

Figura 1. Organograma de um projeto de MDL.....	25
Figura 2. Organograma resumido das ações mundiais para enfrentamento das MCG.....	28
Figura 3. Relação dos 20 países maiores emissores do mundo de dióxido de carbono (CO ₂) no período de 1990 a 2005.	31
Figura 4. Projeções da emissão de CO ₂ <i>per capita</i> dos grupos econômicos.....	46
Figura 5. Emissões de CO ₂ no Brasil, no período de 1985 a 2005.....	48
Figura 6. Consumo Final Energético, por fonte.	49
Figura 7. Evolução energética por fontes renovável e não renovável.....	50

CAPITULO II

Figura 1. Camada pré-sal do Brasil, localizada na Bacia de Santos.....	69
Figura 2. Evolução histórica dos preços do barril de petróleo no mercado internacional.....	70
Figura 3. Países e blocos econômicos dependentes de importações de petróleo.....	73
Figura 4. Reservas provadas de petróleo em 2007.....	75
Figura 5. Consumo mundial energético em 2007, em milhões de tep.....	77
Figura 6. Percentual de crescimento energético anual de 2005 a 2030.....	78
Figura 7. Cenário da demanda de energia primária mundial.....	79
Figura 8. Percentual de demanda energética, importação e emissões de CO ₂ de 2000 – 2006.....	81
Figura 9. Cenário da oferta interna de energia no período de 1970 a 2030.....	83
Figura 10. Oferta interna de energia no Brasil em 2008.	84
Figura 11. Consumo final de energia por fonte (mil tep) em 2008.	84
Figura 12. Matriz de consumo final de energia por setor (mil tep) brasileiro em 2008.....	85
Figura 13. População brasileira e demanda energética <i>per capita</i>	87
Figura 14. Fontes renováveis e não-renováveis da matriz energética brasileira (%)...	88
Figura 15. Participação de energia renovável na matriz energética mundial.....	88
Figura 16. Percentual de demanda de energia primária no setor de transportes por	

região.....	89
Figura 17. Matriz energética brasileira de transporte por modal em 2008.....	90
Figura 18. Ciclo da produção sustentável a partir da biomassa.	92
Figura 19. Potencial de produção de diferentes formas.....	93
Figura 20. Região intertropical: área potencial para produção de energia renovável proveniente do sol.....	94
Figura 21. Paridade do agrocombustíveis em relação ao preço do barril do petróleo.....	97
Figura 22. Ciclo de produção de biodiesel pelo processo de transesterificação.....	105
Figura 23. Áreas produtoras de dendê no Brasil em 2006.....	118
Figura 24. Série histórica da produção de mamona no Brasil.....	121
Figura 25. Produção de soja no Brasil.....	126
Figura 26. Efeito da proporcionalidade do biodiesel sobre emissões de GEE.....	129
Figura 27. Consumo de biomassa por fonte na UE, em 2004.	133
Figura 28. Cenário energético da UE (2004 a 2020).....	134
Figura 29. Produção de biodiesel na UE em 2007.....	135
Figura 30. Produção de biodiesel nos EUA.....	137
Figura 31. Percentual e tendência de mistura de biodiesel ao petrodiesel no Brasil e as projeções de mercado de biodiesel.....	141
Figura 32. Evolução dos leilões de biodiesel em m ³ e R\$/m ³	148
Figura 33. Décimo terceiro leilão da ANP, representadas por 25 UPBs.....	149
CAPITULO 3	
Figura 1. Representação do percentual de produção de biodiesel das UPBs respondentes.....	162
Figura 2. Produção de biodiesel das UPBs respondentes.....	162
Figura 3. Situação atual das UPBs respondentes na ANP para comercialização do B100.....	163
Figura 4. Distribuição das UPBs respondentes por região.....	164
Figura 5. Aptidão de matérias-primas a serem processadas pelas UPBs.	165
Figura 6. Rota tecnológica adotada pelas UPBs respondentes.....	167
Figura 7. Percentual das UPBs respondentes que adotaram ou não o SCS.....	168
Figura 8. Número de famílias atendidas pelas UPBs respondentes.....	169
Figura 9. Perspectivas dos investidores no novo setor energético.....	169

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1. Resumo das principais deliberações da Conferência das Partes (COP), realizadas no período de 1995 a 2008 pelos países signatários do Protocolo de Quioto.....	20
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

CAPITULO II

Tabela 1. Principais deliberações, envolvendo a OPEP, realizadas no período de 1968 a 2005.....	64
Tabela 2. Principais ácidos graxos dos lipídios vegetais.....	114
Tabela 3. Composição dos ácidos graxos das principais espécies oleaginosas.....	114
Tabela 4. Características das espécies oleaginosas utilizadas na produção de Biodiesel.....	115
Tabela 5. Condições tributárias praticadas na EU.....	131
Tabela 6. Tributos fiscais para as UPBs, de acordo com a modalidade (com e sem SCS) e a matéria-prima utilizada no processo de produção por região.....	144
Tabela 7. Número de UPBs autorizadas pela ANP por região.....	146

CAPITULO III

Tabela 1. Número e distribuição das UPBs em 2009.....	161
Tabela 2. Caracterização das UPBs, segundo dados da ANP.....	163

RESUMO

RIBEIRO, Rita da Mata, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2009. **Agroenergia na mitigação das mudanças climáticas globais, na segurança energética e na promoção social.** Orientador: Luiz Antônio dos Santos Dias. Co-orientadores: Paulo Geraldo Berger e Francisco Xavier Ribeiro do Vale.

A agroenergia tem papel estratégico na mitigação dos Gases de Efeito Estufa (GEE), na segurança energética e na promoção social. Dois fatores igualmente importantes reacendem o interesse mundial por fontes de energias renováveis, notadamente, aqueles provenientes da biomassa: i) a atual perspectiva de esgotamento das reservas energéticas não-renováveis e ii) os cenários negativos das mudanças climáticas globais (MCGs), causadas pelo aquecimento global. Este último fator tem forte relação com a queima de combustíveis fósseis, os quais respondem por 75% das emissões de GEE, e com a forma atual de uso e ocupação do solo, conforme reportado pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima (IPCC). Neste contexto, alternativas energéticas renováveis são primordiais para o enfrentamento de tais desafios. O presente trabalho está formatado em três capítulos, intimamente relacionados. Os dois primeiros basearam-se na pesquisa exploratória documental. Para tanto foram utilizados como parâmetros dados e informações relativas ao IPCC e suas implicações, notadamente sobre a agricultura, e dos programas globais de agroenergia, a exemplo do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB). O biodiesel surge como alternativa promissora na substituição parcial dos petroderivados e na mitigação das MCGs, além de outras vantagens que o qualifica em um cenário favorável globalmente. A ampliação da participação do biodiesel na matriz energética mundial propicia a oportunidade de executar políticas nos âmbitos: social (geração de emprego e renda e redução das assimetrias regionais), ambiental (redução de GEE) e econômico (redução de importações de petrodiesel e fator de divisas). Os agrocombustíveis representam importante instrumento de desenvolvimento, especialmente para países signatários do acordo firmado pelo Protocolo de Quioto, vigente até 2012 e, futuramente, pelo Protocolo de Copenhague, a ser implementado após 2012. Dentre os países produtores, o Brasil apresenta maiores condições para liderar a agricultura de energia em escala mundial. O terceiro capítulo baseou-se em um questionário respondido por

Usinas Produtoras de Biodiesel (UPBs) do Brasil, após a implantação do PNPB. A pesquisa também se apoiou em fontes secundárias, como livros, mapas e *web*. Os dados da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) foram utilizados como parâmetros. As matérias-primas mais utilizadas na produção de biodiesel no país são a soja (majoritariamente), a gordura animal, o caroço de algodão e a mamona, nessa ordem, e com grande interesse pelo pinhão-manso. A rota metílica é a mais utilizada, sendo adotada por 53% das UPBs em estudo. Dentro das premissas do PNPB, o Selo Combustível Social (SCS) é um componente importante como incentivador da implantação das UPBs. O PNPB apresenta avanços, como a inserção do biodiesel na matriz energética brasileira, geração de emprego, renda e desenvolvimento regional, notadamente no Nordeste e nas regiões semi-áridas. Porém ainda apresenta muitos desafios a serem enfrentados, a exemplo dos subsídios e protecionismos dos países produtores de biodiesel, especialmente dos EUA e UE.

ABSTRACT

RIBEIRO, Rita da Mata, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, August, 2009. **Agroenergy in the mitigation of global climatic changes, energy security and social movement.** Advisor: Luiz Antônio dos Santos Dias. Co-advisors: Paulo Geraldo Berger and Francisco Xavier Ribeiro do Vale.

Agroenergy has a strategic role in the mitigation of Greenhouse Effect Gases (GEG), in energy security and in social movements. Two equally important factors rekindle the world-wide interest for renewable energies sources, especially those originating from biomass: i) the current perspective of the depletion of non-renewable energy reserves and ii) the negative scenarios of global climatic changes (GCCs), caused by global warming. This last factor has a strong relation to burning fossil fuels, which accounts for 75 % of the GEG emissions, and with the current form of use and occupation of land, as reported by the Intergovernmental Panel on Climate Changes (IPCC). In this context, renewable energy alternatives are primary in confronting such challenges. The present work is sectioned into three chapters, each intimately connected. The first two were based on the exploratory research documentation. To do this parameters and information relative to the IPCC and its implications were used, especially on agriculture, and global agroenergy programs, such as the National Program of Production and Use of Biodiesel (PNPB). Biodiesel appears to be a promising alternative in the partial substitution of petro-derivatives and in the mitigation of GCCs, besides other advantages that qualify it in a favorable global scenario. The spread in the participation of biodiesel in a favorable world-wide energy matrix creates an opportunity to execute policies in the following areas: social (generation of jobs and income and the reduction of regional asymmetries), environmental (reduction of GEGs) and economical (import reductions of petrodiesel and exchange factor). Agrofuels represent an important instrument of development, especially for countries that signed the Kyoto Protocol agreement, in effect until 2012 and, in the future, the Copenhagen Protocol, which will be implemented after 2012. Among the producing countries, Brazil presents the greatest conditions to lead energy agriculture on a world-wide scale. The third chapter is based on a questionnaire answered by Biodiesel Production Factories (BPFs) in Brazil, after the introduction of the PNPB. The inquiry also was supported in secondary sources, such as books, maps and the *web*. The data of the National Agency of Oil, Natural gas and

Biofuels (ANP) were used as parameters. The most used raw materials in the production of biodiesel in the country are soy (main), animal fat, and the cotton and castor seed, in this order, and with a great interest in the fisic nut. The methyl route is the most used, being adopted by 53 % of the BPFs in study. Within the premise of the PNPB, the Social Fuel Seal (SCS) is an important component to stimulate the introduction of the BPFs. The PNPB presents advancements like the insertion of biodiesel into the Brazilian energy matrix, generation of jobs, income and regional development, especially in the Northeast and in the semi-arid regions. However, there are still many challenges to be faced, like the subsidies and protectionism of the biodiesel production countries, especially the USA and EU.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A atual perspectiva de esgotamento das reservas energéticas não-renováveis e as projeções catastróficas das alterações climáticas globais feitas pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) preocupam a comunidade científica, ambientalistas, líderes políticos e a comunidade em geral. As projeções feitas pelo IPCC apontam um provável aumento da temperatura média do ar ao final do século XXI, podendo variar entre 1,8 °C (cenário otimista) e 4,0 °C (cenário pessimista) (IPCC, 2007).

O aumento da concentração dos Gases de Efeito Estufa (GEE) na atmosfera, produzidos e emitidos pelo homem, tem contribuído para elevação da temperatura média do planeta, afetando o equilíbrio e, conseqüentemente, intensificando as Mudanças Climáticas Globais (MCG). As MCG afetarão todas as partes do globo, com menor ou maior intensidade. É preciso registrar, contudo, que há correntes de pensamento contrárias quanto às causas da MCG apontadas pelo IPCC (Cecílio et al., 2008). Para estas correntes, as causas prováveis das MCG são de origem astronômica e terrestre (Assad et al., 2007).

O IPCC aponta como uma das causas antrópicas prováveis para as MCG, o uso de fontes energéticas não-renováveis (base fóssil), notadamente após a industrialização desencadeada em meados do século XVIII. Tais fontes vem contribuindo para aumentar os níveis de concentração e acúmulo GEE na atmosfera e, conseqüentemente, intensificar o efeito estufa, que provoca alterações no clima terrestre em sua variação natural. Dentre os GEE, o CO₂ é apontado como responsável por 75% do aumento das concentrações atmosféricas nos últimos tempos (IPCC, 2007), por ser emitido em grandes quantidades e por ter longa duração na atmosfera, quando comparado aos outros GEE. As maiores emissões de CO₂ são produzidas a partir da queima de combustíveis fósseis usados em veículos automotores movidos à gasolina e petrodiesel e a partir das mudanças no uso do solo como desmatamentos, queimadas e modificação agrícola. Para este último aspecto, o Brasil apresenta contribuições significativas, algo como 75%.

Somente no final da década de 1970, quando foi realizada a Primeira Conferência Mundial sobre o Clima, se reconheceu a severidade do problema relacionado as MCG. A partir de então, elas foram inseridas na agenda política mundial. Atualmente o tema tem sido discutido com mais seriedade pelos países, sejam eles desenvolvidos ou não. A criação

do IPCC foi fundamental nesse processo. Seus relatórios científicos são ferramentas importantes para o direcionamento das ações imediatas, de médio e de longo prazo pelos países, no que se refere à mitigação dos efeitos perniciosos das MCG em toda a cadeia econômica, especialmente a agrícola. Na cadeia agrícola dois fatores adquiriram importância: a segurança alimentar e a segurança energética, esta última mais recentemente.

Neste contexto, a agroenergia tem papel estratégico na mitigação dos GEE, além de ser uma opção interessante para se alcançar a segurança energética mundial. Os agrocombustíveis produzidos nas áreas subtropicais e tropicais abrem a possibilidade de um maior número de países produzir sua própria energia, especialmente aqueles mais pobres. Isso pode proporcionar, além da segurança energética, pela redução da dependência de importações de petroderivados, promoção social, e redução da vulnerabilidade as MCG, dentre outros benefícios. Neste cenário, os agrocombustíveis líquidos (biodiesel e etanol) têm ganhado a cada dia mais espaço no contexto energético mundial. Eles se caracterizam por serem renováveis, biodegradáveis, menos poluentes, de rápida produção e relativamente baratos.

Dentre os países produtores de agrocombustíveis, o Brasil apresenta maiores condições para liderar a agricultura de energia em escala mundial, em razão de uma série de vantagens naturais e políticas. O seu Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) permite a produção de biodiesel a partir de diferentes oleaginosas e rotas tecnológicas, possibilitando a participação do agronegócio e da agricultura familiar no novo agromercado. Por outro lado, Estados Unidos e União Européia também estão nessa corrida, mas em desvantagem quando comparados ao Brasil.

Com isso, o estudo do cenário energético mundial e das novas potencialidades de fontes energéticas renováveis, de maneira especial os agrocombustíveis, é fundamental para o enfrentamento das causas das MCG e suas implicações. Além disso os agrocombustíveis pode ser importante como ferramenta na atuação estratégica dos países, principalmente aqueles mais vulneráveis ao fenômeno e ao processo de dependência energética.

O presente trabalho teve como objetivo geral analisar o panorama energético mundial e a oportunidade de inserção do biodiesel como estratégia de mitigação de emissões de GEE, segurança energética e promoção social.

Os objetivos específicos são: i) analisar o panorama energético mundial; ii) analisar a inserção do biodiesel como estratégia de mitigação de emissões de GEE; iii) analisar as potencialidades do biodiesel no novo setor energético; iv) analisar o estágio atual da produção nacional de biodiesel pelas usinas produtoras de biodiesel (UPBs), dentro das diretrizes do PNPB e, v) contribuir para aumento da consciência ambiental e energética.

2. METODOLOGIA

Este trabalho está formatado em três capítulos: I. Alterações climáticas no cenário global e no Brasil: causas, efeitos, acordos e ações; II. Cenário energético mundial: agroenergia como parte da solução e; III. Produção nacional de biodiesel: cenário atual. As duas primeiras partes baseiam-se na pesquisa exploratória documental. No capítulo I são apresentados os aspectos históricos e científicos das causas e efeitos das MCG; o papel do maior grupo científico da área das alterações climáticas; as medidas internacionais e nacionais, a exemplo do Protocolo de Quioto e do PNPB; as contribuições do homem neste cenário ameaçador por meio do desmatamento, exploração de energias de bases não sustentáveis, dentre outras; o panorama das mudanças climáticas na agricultura e como fator de mitigação desse processo; e uma breve abordagem do panorama energético e sua interface com as MCG em termos de riscos e potencialidades. No capítulo II é apresentado o cenário energético mundial, onde a agroenergia é vista como parte da solução para enfrentamento das MCG e da questão da segurança energética. É apresentada ainda uma abordagem geral sobre os gargalos e as potencialidades no novo setor energético com o biodiesel. O capítulo III analisa o estágio atual da produção nacional de biodiesel, dentro das diretrizes do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), aprovadas em dezembro de 2004, bem como os desafios, facilidades e perspectivas experimentadas pelos empreendedores das Usinas Produtoras de Biodiesel (UPBs).

Foram utilizados como parâmetros dados gerais que contemplam informações referentes ao IPCC sobre as MCG e suas implicações, de maneira especial sobre a agricultura, e os programas globais de agroenergia, a exemplo do PNPB, como ferramenta de mitigação desse fenômeno e da segurança energética. A terceira capítulo baseia-se em um questionário respondido por Usinas Produtoras de Biodiesel (UPBs) do Brasil. A pesquisa também se apoiou em fontes secundárias, como livros, mapas e internet, utilizando-se, ainda, como parâmetros os dados da ANP.

3. REFERÊNCIAS

ASSAD, E.D.; PINTO, H.S.; ZULLO JR., J.; MARIN, F.; PELEGRINI, G. Mudanças climáticas e a agricultura brasileira: avaliação dos possíveis impactos. In: FERNANDES, E. N.; PACUILLO, D.S.; CASTRO, C. R.T.; MULLER, M.D.; ARCURI, P.B.; CARNEIRO, J.C. **Sistemas agrossilvipastoris da América do Sul**: desafios e potencialidades. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2007. p.219-243

CECÍLIO, R.A.; SILVA, K.R.; JESUS JUNIOR, W.C.; PEZZOPANE, J.E.M.; VALE, F.X.R. A polêmica do aquecimento global antrópico e natural. In: POLANCZYK, R.A.; CECÍLIO, R.A.; MATTA, F.P.; SOARES, T.C.B.; PEZZOPANE, J.E.M.; CAMPANHARO, W.A.; OLIVEIRA, M.C.C. **Estudos avançados em produção vegetal**. Ed. Alegre. 2008. v. 1, p. 137-152.

ALLEY, R. et al. Intergovernmental Panel on Climate Change: **Climate Change 2007: The physical science basis: Summary for Policymakers. 2007**. Cambridge, 21p. 2007. Disponível em: <http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/docs/WG1AR4_SPM_PlenaryApproved.pdf>. Acesso em: 20 jul 2008.

CAPÍTULO I - ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NO CENÁRIO GLOBAL E NO BRASIL: CAUSAS, EFEITOS, ACORDOS E AÇÕES

1. INTRODUÇÃO

As Mudanças Climáticas Globais (MCG) e seus efeitos são considerados os maiores desafios da humanidade no início do século XXI. Elas resultam da intensificação do efeito estufa e constituem fortes ameaças à existência da vida na Terra. Estão em risco os recursos naturais, a biodiversidade, a segurança alimentar, a saúde humana e as atividades econômicas, especialmente as agrícolas, com efeitos adversos, alguns dos quais potencialmente irreversíveis.

As mudanças climáticas são um fenômeno que afeta tanto países desenvolvidos quanto aqueles em desenvolvimento por ter efeito global. As alterações do clima têm como causa principal o aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEE).

O aumento da concentração dos GEE observado nos últimos 150 anos fez com que mais calor ficasse retido na superfície da Terra (Marengo, 2006). O desequilíbrio da concentração entre os GEE causa MCG, por intensificar o efeito estufa, contribuindo com aumento na temperatura média na superfície terrestre de ordem não natural. Dentre os GEE, o dióxido de carbono (CO₂) é apontado como o principal responsável por tais alterações.

Apesar das incertezas científicas sobre as possíveis causas das MCG terrestre, principalmente em escala local, regional e global a longo prazo, as consequências negativas do aquecimento global têm gerado preocupação por parte da comunidade científica e na sociedade de modo geral. Tal fato requer atuação de todas as nações em busca de possíveis soluções para reversão dos efeitos adversos desse fenômeno.

As implicações das MCG já podem ser notadas em todo planeta. As alterações nos cenários de variabilidade climática, com secas, inundações, tempestades, ondas de calor mais frequentes e mudanças nos ecossistemas naturais já são observadas, além de riscos iminentes à segurança alimentar e à saúde pública, entre outros elementos, associados as MCG. Estas alterações são mais acentuadas em determinadas regiões, afetando principalmente os Países mais vulneráveis ao processo em questão. O fato poderá se agravar em um futuro próximo, conforme cenários projetados pelo IPCC (2007)

apresentado no Quarto Relatório de Avaliação, caso medidas imediatas de mitigação e/ou adaptação não sejam realizadas. Projeções apontam para uma elevação da temperatura do ar na ordem de 1,8 °C (cenário otimista) a 6,4 °C (cenário pessimista) até 2100, mesmo extinguindo totalmente os GEE, pois estes são cumulativos nas camadas inferiores da atmosfera.

Pesquisadores do IPCC são categóricos em atribuir a responsabilidade das MCG à ação antrópica, embora existam outras correntes de pensamentos divergentes a essa teoria. Conforme mostrado pelo IPCC (2007), nos últimos 30 anos houve um incremento de mais de 70% das emissões de GEE para a atmosfera. A queima de combustíveis fósseis e as transformações ocasionadas pelo atual uso e ocupação do solo são apontadas como os maiores emissores de CO₂ para atmosfera, o que intensifica o efeito estufa e, conseqüentemente, os efeitos das MCG.

Historicamente, os países desenvolvidos são responsáveis pelas maiores emissões de GEE. Entretanto, todas as nações têm se mobilizado, com objetivos de reduzir tais efeitos, seja por meio de medidas internacionais, a exemplo do Protocolo de Quioto (Rudge, 2005; Maroun, 2007), e/ou por medidas nacionais, nos setores públicos e privados. O Protocolo de Quioto, assinado em 2005, representou um importante passo para mitigação das causas do fenômeno de mudança do clima, pois foi baseado no princípio de responsabilidades comuns entre as partes (países), porém, diferenciadas entre eles. Os resultados de sua aplicação ainda são incipientes.

O Protocolo estabeleceu compromissos entre os países industrializados, como forma de promover redução de emissões de gases que produzem o efeito estufa. Nele, foram criados também mecanismos de flexibilidade, com objetivo dos países desenvolvidos que fazem parte do Anexo I atingirem suas metas de redução de GEE, principalmente CO₂.

O Brasil é um dos países signatários do Protocolo de Quioto. Embora não esteja submetido às metas de reduções de GEE, tem compartilhado de compromissos estabelecidos por este acordo, auxiliando nos esforços de redução dos GEE para atmosfera.

A energia apresenta um papel fundamental na vida humana moderna e constitui pilar básico para o desenvolvimento de um País (Brasil/MME, 2007). A relevância atribuída à questão das mudanças do clima e à necessidade de redução das emissões dos GEE representa grandes desafios à expansão da oferta de energia (Viola, 2004;

Brasil/MEE, 2007). Eles são decorrentes de dois fatores principais: o crescimento da população mundial e o aumento da atividade sócio-econômica.

O crescimento econômico mundial tem como base energética os combustíveis não-renováveis derivados do petróleo. Eles apresentam limitações e restrições de uso devido à ameaça de esgotamento em médio prazo, oscilações de preços frequentes, além de poluírem o meio ambiente. Neste contexto, a busca por fontes energéticas alternativas e o empenho em tornar viáveis novas fontes de energia, incluindo as provenientes de biomassas, são fundamentais para prover o desenvolvimento da economia mundial e reduzir os riscos iminentes das MCG. Este fato tem ganhado forças graças ao Protocolo de Quioto que apresenta importantes estratégias para reduzir as emissões de GEE.

Estudos mais recentes destacam a viabilidade técnico-econômica da utilização de combustíveis líquidos derivados de biomassa agrícola, com destaque para o etanol e o biodiesel. Eles são considerados alternativas promissoras para a substituição dos petroderivados, com crescente e expressiva participação na matriz energética mundial (Dias et al., 2007). Ademais proporcionam, também, menor emissão de GEE quando comparados aos combustíveis fósseis.

Embora poucos países tenham condições de responder as mudanças, devido às limitações e às prioridades secundárias, a diversificação da matriz energética poderá tornar-se uma excepcional oportunidade para o desenvolvimento sócio-econômico de diversos países, especialmente aqueles cuja economia está em fase de desenvolvimento.

O Brasil vem se destacando como uma grande potência no cenário mundial, por possuir uma matriz energética considerada limpa, comparada a outros países, e por dispor de diversas alternativas que contribuem para a expansão da oferta de energia livre de emissões de CO₂ (Brasil/MEE, 2007). O Brasil, também possui uma série de vantagens energéticas e ambientais, como: ampla biodiversidade, matriz energética com grande participação (46%) de energias renováveis, disponibilidade de grandes extensões de terras e água em abundância, entre outros fatores, que o qualificam para liderar a agricultura de energia e o mercado de agroenergia em escala mundial (PNA/Mapa, 2006).

O apoio do Governo federal, por meio de legislações específicas como a Lei 11.097/2005 que estabeleceu percentuais mínimos de mistura de biodiesel ao petrodiesel. Além disso, o governo elaborou incentivos à inserção da agricultura familiar na cadeia produtiva do biodiesel, com a criação do Selo Combustível Social, impulsionando o

agronegócio local e o desenvolvimento sustentável, por meio da inclusão social, proteção ambiental e geração de riquezas. Tais medidas atendem a compromissos assumidos junto ao Protocolo de Quioto, reduzem a dependência dos petroderivados e garantem a segurança energética do País.

2. MUDANÇAS CLIMÁTICAS: aspectos históricos e científicos

O efeito estufa é fundamental para a manutenção da vida na Terra, dentro dos níveis adequados. Esse processo permite que a temperatura média da superfície da Terra se mantenha em valores toleráveis para a maioria dos seres vivos, em torno de 15 °C (BNDES, 2008).

O aumento da quantidade dos GEE emitidos e produzidos pelo homem tem contribuído historicamente para elevação da temperatura média do planeta. O efeito estufa é um processo que ocorre quando uma parte da radiação solar refletida pela superfície terrestre é absorvida pelos GEE presentes na atmosfera e como resposta desse efeito, o calor fica retido, não sendo libertado para o espaço (Wikipédia, 2009a). Segundo Marengo (2006), os gases absorvem parte da energia do sol refletida pela superfície do planeta e a redistribuem em forma de calor através das circulações atmosféricas e oceânicas. Qualquer fator que altere esse processo afeta o clima global (Marengo, 2006).

A partir de meados do século XVIII, com o advento da pré-industrialização, observou-se o aumento dos níveis de concentração e acúmulo de GEE na atmosfera, intensificando o efeito estufa, que provoca alterações no clima terrestre em sua variação natural (Marengo, 2006; IPCC, 2007), e, portanto, as causas e os efeitos das MCG.

As MCG são alterações no sistema climático provocadas pelo aquecimento global, causado pelo aumento de GEE, que reduz a capacidade da Terra de se resfriar, contribuindo com aumento da temperatura média na superfície terrestre de ordem não natural (Lucena, 2008), provocando alterações climáticas em todos os ecossistemas. Segundo o IPCC, as MCG são decorrentes das atividades antropogênicas, provocadas pela maior emissão de GEE na atmosfera nos últimos anos, comprovado por modelos de previsão de clima, utilizados e aperfeiçoados no decorrer do tempo por diversos institutos de pesquisa do mundo, com objetivo de projetar a previsão do clima no tempo e no espaço. Os modelos de

clima visam simular todo o comportamento do sistema terrestre, a exemplo do fluxo biosfera-atmosfera, ou seja, os fluxos de energia, água e carbono.

Apesar das fortes evidências que apontam o ser humano como ator principal, existem movimentos e correntes de pensamento distintos que envolvem a ciência, a política e as correntes filosóficas (Duarte, 2004) contrárias à tese defendida pelo IPCC, pesquisadores e ambientalistas. Para alguns pesquisadores, as causas prováveis das mudanças climáticas globais são de origem astronômica e terrestre, tais como: variação na excentricidade da órbita da terra, variação na inclinação do eixo terrestre, variantes na atividade solar, atividades vulcânicas, proporções entre oceanos e continentes, variação no tamanho das calotas polares e composição da atmosfera que foram, e continuam sendo os fatores causadores das MCG (Pearce, 2002; Assad et al., 2007; Cecílio et al., 2008). Segundo Marengo (2006), a Terra sempre passou por ciclos naturais de aquecimento e resfriamento, da mesma forma que períodos de intensa atividade geológica lançaram à superfície, grandes quantidades de gases que se formaram de tempos em tempos sobre o planeta, criando um efeito estufa natural. No entanto, há uma grande convergência entre os cientistas sobre a interferência do homem neste processo.

Os GEE, como o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4), o óxido nitroso (N_2O) e o vapor d'água são os gases naturais mais importantes, causadores do efeito estufa, além dos clorofluorcarbonetos (CFCs), os hidrofluorcarbonetos (HFCs), os perfluorcarbonetos (PFCs) e o hexafluoreto de enxofre (SF_6) produzidos artificialmente pelo homem. Todavia, vale ressaltar que, os gases são emitidos em percentuais diferentes, e cada um apresenta um potencial de aquecimento diferenciado na atmosfera. O aumento da quantidade de GEE produzidos pelo homem tem contribuído significativamente para elevação da temperatura média global.

O Protocolo de Montreal é um acordo internacional entre os países signatários vinculados a Organização das Nações Unidas (ONU). O protocolo foi criado com o objetivo de reduzir substâncias químicas perigosas, e que, possuem potencial de aquecimento global elevado, esses fatores contribuem significativamente para a degradação da camada de ozônio e para a intensificação do efeito estufa. As substâncias controladas por este protocolo são: CFCs, HFCs, halogênicos, metilclorofórmicos, tetracloreto de carbono e brometo de metila. O protocolo foi ratificado em 1986 e atualizado em 2007, nele, os países se comprometem a paralisar o consumo e a produção desses gases, que

prejudicam a camada de ozônio. O acordo prevê ainda, o congelamento do consumo do gás hidroclorofluorcarbonos (HCFCs) até 2013 e bani-lo totalmente até 2030 (Souza, 2009).

O Brasil regulamentou em 1990, por meio do Decreto n ° 99.280 de 1990, o Programa Brasileiro de Eliminação da Produção e do Consumo das Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio (PBCO). O governo brasileiro vem implantando programas nacionais, com apoio financeiro do Programa Nacional das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), para eliminar o uso dos gases que prejudicam a camada de ozônio.

O uso de equipamentos como geladeira e ar condicionado confeccionados antes de 1999, tem contribuindo com a liberação do CFCs na atmosfera. Recentemente, o atual Ministro de Minas e Energia, Edison Lobão, divulgou informações sobre um novo programa de governo para estimular a troca da geladeira antiga por uma nova, como forma de reduzir as emissões de CFCs, além de proporcionar economia no consumo de energia elétrica (Aquino, 2009). Segundo o Ministro do Meio Ambiente Carlos Minc, o governo alemão doará cinco milhões de euros para auxiliar na compra de equipamentos de desmonte de geladeiras e neutralização do CFCs (Mendes, 2008). Espera-se que, até 2075, a camada de ozônio que protege a Terra retorne os níveis anteriores aos da década de 1980 (Melkert, 2007).

Segundo o IPCC, o aumento das concentrações dos GEE na atmosfera vem ganhando extensões alarmantes, resultantes das atividades antropogênicas. Dentre os GEE, o CO₂ é apontado como responsável por 75% do aumento das concentrações atmosféricas nos últimos tempos por fatores humanos (IPCC, 2007), por ser emitido em grandes quantidades e por ter longa duração na atmosfera, quando comparado aos outros GEE, como o CH₄. Os principais fatores causadores de alterações do clima e produção de GEE são: a queima de combustíveis fósseis (em maior escala), e as mudanças do uso do solo por meio do desmatamento, queimadas, expansão da área agrícola e urbana, criação de bovinos, aterros sanitários, lixões, entre outros fatores (em menor escala).

As mudanças na quantidade de GEE e aerossóis, radiação solar e da propriedade da superfície da terra alteram o equilíbrio energético do sistema climático (Alley et al., 2007). De acordo com o IPCC (2007), o aquecimento global deve-se à variação das concentrações e distribuições atmosféricas dos GEE, que altera a reflexão ou a absorção da radiação solar e da radiação terrestre, provocando o Forçamento Radiativo (FR). FR é

definido como a mudança na radiação vertical líquida, expressa em W/m^2 , na tropopausa em razão de uma mudança interna e/ou externa do sistema climático (IPCC, 2001). Esta mudança resulta na perturbação do balanço de energia do sistema superfície-troposfera, após permitir que a estratosfera se reajuste a um estado de equilíbrio radiativo médio global. O FR é usado para comparar como uma série de fatores antrópicos e naturais influenciam o aquecimento ou esfriamento do clima global (Alley et al., 2007), que por sua vez, pode atuar de forma negativa ou positiva. O forçamento radioativo positivo tende a aquecer a superfície, enquanto o forçamento negativo tende a esfriar a superfície terrestre. De acordo com Pearce (2002), um feedback (resposta a um estímulo) positivo ou negativo pode variar de acordo com o fator avaliado como a neve e o gelo, os oceanos e a poluição. Estima-se que as mudanças na radiação solar desde 1750 causem um forçamento radiativo de $+0,12 Wm^{-2}$, valor menor do que o apresentado no TRA em 2005 (Alley et al., 2007).

O painel defende o argumento que o efeito estufa é intensificado, quanto maior for a concentração dos GEE. Neste caso, maior será a absorção da radiação de ondas longas emitidas pela superfície da Terra, e, conseqüentemente, maior a energia retida nas camadas inferiores da atmosfera, aumentando a temperatura média da superfície terrestre (Cecílio et al., 2008), alterando o clima de forma diferenciada nas diversas regiões e provocando a elevação do nível dos oceanos (BNDES, 2008). Embora, existam muitas incertezas sobre as reais conseqüências das MCG, em cada região, embora suas implicações já podem ser sentidas por meio da intensificação de diversos eventos climáticos, tais como: inundações, secas, extinção da fauna e flora, dentre outros, ficando cada vez mais, evidente o fenômeno.

Segundo Alley et al. (2007), os GEE mais importantes, tiveram um acréscimo alarmante, desde o período pré-industrial (ano base) até o ano 2005. O CO_2 apresentou um acréscimo de cerca de 280 ppm (partes por milhão) para 379 ppm (considerado o nível mais alto dos últimos 20 milhões de anos), enquanto o CH_4 foi de 715 ppb (partes por bilhão) para 1774 ppb, e o óxido nitroso, de 270 ppb para 310 ppb.

As maiores emissões de CO_2 são produzidas a partir da queima de combustíveis fósseis no transporte, usados em veículos automotores movidos à gasolina e óleo diesel e a partir das mudanças no uso do solo como desmatamentos, queimadas e modificação agrícola. Por sua vez, o aumento da concentração de CH_4 e de N_2O está relacionado, sobretudo, às atividades agropecuárias como criação de bovino, cultivo de arroz irrigado,

uso intensivo de fertilizantes, especialmente os nitrogenados, e inundações artificial ou natural de áreas.

Isso representa um grande desafio na busca de soluções imediatas, através de ações preventivas, mitigadoras e adaptativas a curto, médio e à longo prazo. O aquecimento global é um dos principais problemas do século, requerendo da humanidade e da ciência, soluções técnicas e tecnológicas, além de mudanças nos estilos de produção, consumo e coexistência (Fórum brasileiro, 2007). Neste contexto, tais desafios devem ter dimensões em todos os campos do conhecimento.

2.1 O papel do IPCC no contexto de mudanças climáticas globais

A problemática das alterações climáticas causada pela ação do homem via emissão dos GEE, vem sendo evidenciada desde a década de 1950, quando foram efetuadas as primeiras medidas dos valores de concentração de GEE da atmosfera, e já com evidências do aumento da temperatura média global. Em 1860, o cientista irlandês John Tyndall mediu a absorção da radiação infravermelha pelo CO₂ e pelo vapor de água, considerados os mais importantes para manutenção da uniformidade da temperatura da Terra, os quais vieram a ser conhecidos posteriormente como GEE (Pearce, 2002). De acordo Pearce (2002), cada GEE tem espectro único de absorção de radiação: o vapor de água absorve a radiação em comprimentos de onda entre 4 e 7 micrômetros, enquanto o CO₂, entre 13 e 19 micrômetros.

Entretanto, somente em 1979, quando foi realizada a Primeira Conferência Mundial sobre o Clima, que se reconheceu à severidade do problema, relacionados às MCG. A partir de então, elas foram inseridas na agenda política mundial. A conferência foi promovida pela Organização Mundial de Meteorologia (OMM) diante das evidências científicas sobre alteração do clima decorrentes do aumento dos GEE, o que poderia comprometer o bem-estar da humanidade e a sobrevivência do planeta. Buscou-se assim, o apoio de todas as Nações do mundo na prevenção dos potenciais efeitos das MCG.

Em 1983, diante das severas críticas quanto à falta de integração entre as agências e à falta de eficácia dos programas ambientais em vigor, as Nações Unidas convocaram uma comissão de especialistas para discutir o estado do meio ambiente em âmbito mundial

e propor novos rumos para sua gestão (Couto, 2004). Esta comissão era presidida pela primeira-ministra norueguesa Gro Harlem Brundtland, para discutir as questões ambientais. O fato se concretizou em 1987, com a publicação do Relatório de Brundtland, conhecido também como Relatório Nosso Futuro Comum, que se tornou referência para discussões sobre a temática ambiental e concretizou o conceito de desenvolvimento sustentável, baseado em um tripé (desenvolvimento econômico, ambiental e social) de forma a assegurar os direitos das gerações futuras (Couto, 2004; Amaral, 2005). Ainda no relatório de Brundtland, já se mencionava as causas das MCG como o maior desafio ambiental a ser enfrentado para o desenvolvimento dos países.

Em 1985, o Programa das Nações Unidas para o Meio ambiente (PNUMA) promoveu uma Conferência para debater e avaliação do papel do CO₂ e dos outros GEE, nas variáveis climáticas e impactos associados (Rudge, 2005), como meio de minimizar este problema no futuro. A conferência obteve como resultado a criação do Grupo de Assessoramento de GEE, com intuito de assegurar avaliações periódicas das alterações climáticas e suas implicações.

No entanto, em 1988, a Assembléia Geral das Nações Unidas (AGNU) aprovou a resolução 43/53, proposta pelo governo de Malta (País do mediterrâneo), em que se pedia a “proteção do clima para as gerações atuais e futuras da humanidade”. Neste mesmo ano, foi debatida, entre os governos e entidades, a criação de um órgão imparcial para discutir sobre as MCG, o que culminou na criação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima (IPCC). O IPCC é um corpo científico que revisa e avalia as informações científicas, técnicas e sócio-econômicas produzidas pertinentemente por pesquisadores de todo o mundo, por meio das diversas instituições de pesquisas vinculadas ao painel. Ele tem como missão levantar as causas e as consequências das MCG, através de estudos científicos históricos, atuais, e ainda com projeções futuras dos possíveis efeitos do comportamento do clima, além de estimar estratégias de tais efeitos, positivos ou negativos, sobre o clima. O IPCC é patrocinado pela Organização Mundial de Meteorologia (OMM) e pelo PNUMA. O IPCC é formado por três Grupos de Trabalho (GT) e reúne mais de dois mil cientistas de todo o mundo que cooperam com suas atividades. Entre eles, estão 30 brasileiros.

O Grupo de Trabalho I é responsável pela avaliação de aspectos científicos do sistema climático e suas mudanças; o Grupo II avalia a vulnerabilidade dos sistemas sócio-econômicos e dos ecossistemas naturais diante das MCG, bem como suas consequências

positivas e negativas, e opções de adaptação a ela; e finalmente, o Grupo III, que avalia as opções que permitem limitar as emissões de GEE e a mitigação das alterações climáticas. O IPCC é composto, ainda, por uma Força Tarefa, responsável pelo Programa de Inventários Nacionais de Gases do Efeito Estufa. O termo “mitigação” é definido como a intervenção antrópica para reduzir os GEE ou para realçar os seus sumidouros (Monteiro, 2007).

Os resultados dos GT são publicados na forma de grandes Relatórios Científicos. O IPCC já emitiu, até o momento, quatro relatórios científicos de avaliação sobre o clima, colaborando com o entendimento das causas e tendências das alterações climáticas no tempo e espaço. Seus resultados são utilizados como base de diversos estudos científicos em todo Globo, e como instrumento na implementação de ações governamentais e não-governamentais, tanto nos países desenvolvidos, quanto naqueles em desenvolvimento. Os relatórios do IPCC são emitidos a cada cinco ou seis anos, divididos em três volumes, onde cada um é referente à ação do correspondente grupo de trabalho. A evolução dos resultados divulgados pelo IPCC aponta cada vez mais as atividades antropogênicas como responsáveis pelas MCG.

O Primeiro Relatório de Avaliação (PRA) foi publicado em 1990. As projeções avaliadas sugeriram aumento da temperatura média global entre 0,15 °C e 0,3 °C por década para o período de 1990 a 2005 (Alley et al., 2007). O grupo concluiu que as emissões resultantes das atividades humanas, desde o período pré-industrial, estavam aumentando as concentrações de GEE, intensificando o efeito estufa e, conseqüentemente, interferindo no balanço de energia da Terra. Tudo isso resultou em alterações climáticas globais, o que poderia colocar em risco a vida no planeta, ainda que o IPCC não tivesse certeza das causas de tais mudanças, as quais poderiam ser de ordem natural, antropogênica ou, até mesmo, conjunta. A divulgação do PRA teve grande impacto no meio político internacional, que gerou um tratado internacional sobre o tema. Na ocasião, foram estabelecidas negociações para criação de uma Convenção que constituísse base para a cooperação universal sobre as questões técnicas e políticas relacionadas ao aquecimento global, o que resultou, posteriormente, como base de discussão dos países na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), realizada no Rio de Janeiro, em 1992.

O Segundo Relatório Avaliação (SRA) do IPCC, sobre as MCG, foi divulgado em 1995, aonde se chegou à conclusão que as evidências indicavam uma influência perceptível

das ações antropogênicas sobre as MCG. Os resultados apontavam um aumento da temperatura média global em torno de 0,3 a 0,6 °C desde o final do século XIX. Dele constam estimativas das mudanças futuras do clima e do aumento do nível do mar, tanto em escala global, como continental, a partir do período pré-industrial. Referindo-se agora com mais convicção à influência das atividades humanas sobre o clima, o SRA, contudo não quantificou tais responsabilidades. O relatório foi fundamental para discussão da primeira Conferência das Partes (COP 1), e ainda como instrumento nas negociações realizadas na Conferência e na implementação do Protocolo de Quioto, em 1997. A Conferência da Partes (COP) é um órgão supremo da Convenção (Rudge, 2005). A COP decide sobre aplicação e funcionamento das diretrizes do tratado, a implementação dos mecanismos previstos e o cumprimento das metas estabelecidas (Observatório do clima, 2008), além de verificar a efetividade dos programas de mudanças climáticas nacionais (Bertucci, 2006). Para isso realiza encontros anuais, salvo a necessidade de realização de sessões extraordinárias onde são feitas a revisão do estado de implementação da Convenção e a discussão da melhor forma de se lidar com a mudança do clima. As “Partes” significam os países presentes e que emitem voto afirmativo ou negativo, aderindo às medidas sugeridas durante a conferência.

No Terceiro Relatório Avaliação (TRA), divulgado em 2001, os resultados confirmaram a forte participação das atividades antropogênicas como autora principal deste fenômeno. O IPCC atribuiu responsabilidade às atividades antrópicas pelas MCG, com 66% de probabilidade de concordância entre os membros do painel. De acordo com Alley et al. (2007), esse percentual ocorre em razão de uma escala usada pelos pesquisadores para indicar a probabilidade avaliada de um dado evento acontecer, com base na opinião de especialistas, de uma consequência ou resultado (praticamente certo > 99% de probabilidade de ocorrer; extremamente provável > 95%; muito provável, > 90; provável > 66%; mais provável do que não > 50%; improvável < 33%; muito improvável < 10%; extremamente improvável < 5%). O TRA previa um aumento da temperatura média global de 1,4 °C a 5,8 °C. Neste contexto, as alterações climáticas poderiam se tornar um risco iminente, o que ocasionaria alterações nos padrões naturais e que geraria também uma série de fatores negativos ou positivos, como as modificações nas áreas agricultáveis. Tudo isso influenciaria de forma significativa à economia de diversos países, conforme adverte o Relatório de *Brundtland*, enfatiza que os problemas ambientais e os dilemas sócio-

econômicos são indissociáveis (Duarte, 2004). Assim, os países em desenvolvimento, com economias em transição, serão mais afetados por serem significativamente mais vulneráveis às mudanças do clima, fator que se agrava pela sua baixa capacidade adaptativa, quando comparados aos países industrializados.

O Quarto Relatório de Avaliação (QRA), divulgado em 2007, indica avanços feitos na compreensão dos fatores humanos e naturais que causam a mudança do clima (Alley et al., 2007). De acordo com os autores esse fato deve-se ao volume de dados novos e mais abrangentes, além de uma análise mais ampla das faixas de incertezas determinada pelo painel, sobre as observações da mudança do clima e dos processos climáticos, históricos e futuros. Os resultados divulgados no QRA são alarmantes, principalmente quanto aos valores da concentração de CO₂ na atmosfera global, passando de 280 partes por milhão (ppm), do período pré-industrial para 379 ppm, em 2005. A taxa de crescimento anual da concentração de CO₂, no período de 1995 a 2005, foi a maior registrada nos últimos 10 anos (IPCC, 2007; Alley et al., 2007).

Neste último relatório, o IPCC atribuiu um valor de 90% de certeza (muito provável) sobre as causas das MCG, advindas das ações antrópicas, anteriormente divulgadas com 66% (provável). Segundo Alley et al. (2007), o QRA é mais avançado, fornecendo melhores estimativas e uma faixa de certeza ajustada, com base em um maior número de modelos de clima, de crescentes complexidade e realismo, além de novas informações acerca da natureza dos processos de realimentação do ciclo do carbono e das restrições sobre a resposta do clima a partir de novas observações.

Projeções futuras utilizando modelos climáticos referenciados por eles, indicam que se mantidas as taxas atuais de emissão de CO₂ e de outros GEE, ao final do século XXI (2090-2099), a temperatura média do planeta terá acréscimos extremos, dependendo do cenário, ela pode apresentar uma variação média da temperatura do ar de 1,8 °C (a faixa provável é de 1,1 °C a 2,9 °C) a 5,8 °C (2,4 °C a 6,4 °C), acima da média observada, além de um percentual adicional de 15% de chuvas observados no mesmo período (IPCC, 2007). Este processo poderá ocasionar maiores alterações no cenário global, caso sejam, mantidas as taxas de poluentes na atmosfera.

O quarto relatório do IPCC indica ainda, que com a elevação da temperatura ocorrerá incremento da amplitude térmica e aumento da frequência e intensidade das intempéries e eventos críticos (BNDES, 2008). Tendências apontam o agravamento do

problema com a expansão das demandas energéticas mundiais baseadas em recursos não-renováveis (BNDES, 2008), aliadas ainda a outras causas associadas à produção de GEE.

Em 2007 o IPCC ganhou o prêmio Nobel, na categoria paz, em reconhecimento pelo esforço no intuito de difundir os conhecimentos relativos as MCG e em ações voltadas à minimização e adaptação dos seus efeitos. De acordo com Stern (2006), a adaptação aos efeitos climáticos é a única resposta disponível para aos impactos que ocorrerão nas próximas décadas e antes que as medidas de mitigação possam ter resultados almejados.

2.2 A convenção do clima: medidas internacionais para a redução de GEE

A Assembléia Geral das Nações Unidas, por meio da resolução 44/28 de dezembro de 1989, convocou a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD), com propósito de discutir os temas ambientais e revisar os avanços obtidos em Estocolmo (1972) (Duarte, 2004). A CNUMAD foi realizada no Brasil em 1992, no Estado do Rio de Janeiro, e ficou conhecida popularmente como Cúpula da Terra ou ainda Rio-92, onde participaram representantes de 178 países. A CNUMAD teve como resultado importante o tratado internacional que resultou na criação da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (CQNUMC). A CQNUMC conhecida também como Convenção Quadro Mudanças Climáticas (CQMC), foi criada com o objetivo principal de alcançar a estabilização das concentrações dos GEE em nível que não oferecesse perigo ao cenário climático, de modo a assegurar à produção de alimentos, o desenvolvimento econômico e a sustentabilidade. Na CNUMAD ainda, teve como resultado a Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), a Declaração de Princípios de Floresta (DPF) e a Agenda 21, além da Declaração do Rio, que compõe 27 princípios normativos (Duarte, 2004).

A CQNUMC entrou em vigor em 21 de março de 1994 (Monzoni, 2000). Nela, foram estabelecidas diretrizes básicas e normas para ações, devendo ser complementadas por acordos específicos, que tratariam dos aspectos mais complexos ou difíceis de negociar (Duarte, 2004). A CQNUMC foi estruturada com base em dois princípios: i) princípio da precaução, devido à falta de certeza científica no primeiro momento, extinguindo os direitos dos países desenvolvidos de continuar emitindo GEE sem responsabilidade,

estimulando a adoção de medidas para prever, evitar ou minimizar as MCG e mitigar seus efeitos negativos, de forma equitativa, respeitando as diferenças sócio-econômicas entre os países signatários; ii) princípio da responsabilidade comum, porém diferenciada.

A maior parcela das emissões globais históricas e atuais de carbono e outros gases são originários dos países desenvolvidos. Estes apresentam maiores emissões de GEE *per capita* e maior crescimento econômico global, comparados aos países em desenvolvimento (Scholz et al., 2008). Estes últimos apresentam tendências de crescimento para satisfazer suas necessidades sociais e de desenvolvimento, caso do Brasil, China, Índia e Rússia, grupo de países conhecido pela sigla “BRIC”, conforme as iniciais de seus nomes.

A CQNUMC estabeleceu dois grupos de países (partes) e suas respectivas responsabilidades, denominados: Países do Anexo I, englobando os países desenvolvidos e economias em transição vindas do Comunismo, os quais deveriam estabilizar suas emissões até 2000, nos mesmos níveis de 1990 (Viola, 2004). Já os Países não-Anexo I, são todos aqueles não listados no Anexo I, ou seja, o grupo de países com economias em transição, como o Brasil, que embora não apresente metas de redução, os países apresentam algumas obrigações como a implantação de programas nacionais de mitigação. Dentre as obrigações imputadas pela CQNUMC, estabelece-se que todos os países signatários devem implantar políticas nacionais e medidas para redução das emissões de GEE, particularmente do CO₂, CH₄, e os CFCs, utilizando os manuais (*guidelines*) do IPCC, cujos métodos foram revisados em 2006. (Bessa e Moreno, 2008). Requereu ainda, que todos os países atualizassem, publicassem e tornassem disponíveis para as Conferências das Partes, os inventários periódicos de emissões de gases gerados por atividades agrícolas, industriais e urbanas, e também os sumidouros desses gases, visando à estabilização das concentrações atmosféricas dos GEE.

Os países membros da Convenção se reúnem periodicamente em assembleias denominadas Conferência das Partes (COP), para discutir as medidas e os resultados que devem ser adotados e alcançados em um determinado período de tempo por convenção. Os Países do Anexo I devem enviar obrigatoriamente informações à CNUMAD sobre os seus níveis de GEE e suas ações que estão sendo realizadas para prevenir ou amenizar o lançamento de GEE na atmosfera. Além disso, a Convenção prevê em suas normas: ajuda financeira, tecnológica e científica a ser dada para os países em desenvolvimento, além da participação e apoio das organizações internacionais (Calsing, 2005). A Convenção deve

levar em consideração ainda às prioridades primordiais e absolutas dos países em desenvolvimento, como a erradicação da pobreza e seu desenvolvimento sócio-econômico.

A Convenção também estabeleceu em seus artigos, além da COP, a criação do Órgão Subsidiário de Assessoramento Científico e Tecnológico e do Órgão Subsidiário de Implementação, conhecidos pelas siglas inglesas SBSTA e SBI, respectivamente. Estes dois órgãos possuem mandatos específicos e prestam assessoramento a COP (Pereira, 2002), cujas funções são, respectivamente: prover informações e assessorar os assuntos científicos e tecnológicos relativos à Convenção e auxiliar a COP na avaliação e exame do cumprimento efetivo da Convenção (Lima, 2003; Mauron, 2007; Monteiro, 2007). O SBSTA trabalha em relação direta com o IPCC, requisitando pesquisas e baseando suas decisões nos trabalhos do IPCC e orientação para os inventários nacionais. O SBI analisa o inventário das Partes e as questões financeiras dos Países não-Anexo I, fornecendo aconselhamento ao mecanismo financeiro, representado pelo Fundo para o Meio Ambiente Global (FMAG) em assuntos administrativos e orçamentários (Rudge, 2005).

A primeira COP foi realizada em 1995, em Berlim, perfazendo, até o presente momento, 14 (quatorze) COPs. Cada encontro leva o nome da cidade onde o evento é realizado. Os resultados dependem das negociações e do interesse entre os países signatários, por meio de seus grupos representativos.

A Tabela 1 apresenta, resumidamente, o histórico das COPs, realizadas de 1995 a 2008, enfatizando as principais negociações e decisões adotadas em cada uma delas. A COP 15 será realizada em dezembro de 2009 em Copenhaga, Dinamarca.

Tabela 1. Resumo das principais deliberações da Conferência das Partes (COP), realizadas no período de 1995 a 2008 pelos países signatários do Protocolo de Quioto.

COP	CONFERÊNCIA (Local)	ANO	RESUMO DAS PRINCIPAIS DELIBERAÇÕES
1	Berlim (Alemanha)	1995	Aprovação do mandato de Berlim. Propõe a apresentação de um documento oficial em 1997, com objetivo de reduzir as emissões de GEE, especialmente de CO ₂ . Aprovação das Atividades Implementadas Conjuntamente (AIC).
2	Genebra (Suíça)	1996	Ratificação da Declaração de Genebra - países em desenvolvimento deveriam receber assistência tecnológica e financeira. Criação de obrigações legais e metas de redução de GEE.
3	Quioto (Japão)	1997	Criação do Protocolo de Quioto: Países do Anexo I da Convenção deveriam reduzir 5,2% de suas emissões de GEE em relação 1990. Metas diferenciadas de reduções de emissões de GEE e adoção do mecanismo de Flexibilização.
4	Buenos Aires (Argentina)	1998	Fortalecer o Protocolo de Quioto; Organização de um Plano de Ação para os mecanismos de financiamento, transferência de tecnologia e desenvolvimento para os países em desenvolvimento, vulneráveis às MCG e implementação coletiva dos mecanismos do Protocolo de Quioto, com data limite 2000.
5	Bonn (Alemanha)	1999	Implementação do Plano de Ação de Buenos Aires e discussões sobre o Uso da Terra, Mudança de Uso da Terra e Florestas. Execução das AIC em caráter experimental e auxílio à capacitação de países em desenvolvimento.
6			Falta de consenso em torno das questões de mitigação dos GEE, especialmente

(1ª parte)	Haia (Holanda)	2000	quanto ao uso da terra. Os Estados Unidos se recusaram a aderir ao Protocolo de Quioto; Suspensão da reunião por falta de consenso entre as Partes.
6 (2ª parte)	Bonn (Alemanha)	2001	Retomada das negociações. Definição de papéis operacionais para a implementação do Acordo de Bonn. Aprovação do uso de sumidouros para cumprimento de metas de emissão, discutidos limites de emissão para países em desenvolvimento e a assistência financeira dos países desenvolvidos, mesmo sem adesão dos Estados Unidos.
7	Marrakesh (Marrocos)	2001	Acordo de Marrakesh, definição dos mecanismos de flexibilização; início do MDL; limitação do uso de créditos de carbono gerados de projetos florestais do MDL, aprovação de comercialização de créditos de carbono no mercado (valor máximo 1% de suas emissões de CO ₂ no ano base) e o estabelecimento de fundos de ajuda a países em desenvolvimento voltados a iniciativas de adaptação às MCG, mesmo sem a legitimidade do Protocolo de Quioto dentro do primeiro período de compromisso.
8	Nova Delhi (Índia)	2002	Início de discussão sobre uso de fontes renováveis na matriz energética com adesão da iniciativa privada e de organizações não-governamentais ao Protocolo de Quioto e apresentação de projetos para a criação de mercados de créditos de carbono. Não inclusão do florestamento e reflorestamento dentro do MDL.
9	Milão (Itália)	2003	Regulamentação de sumidouros de carbono no âmbito do MDL, estabelecendo regras para a condução de projetos de reflorestamento que se tornam condição para a obtenção de créditos de carbono.
10	Buenos Aires (Argentina)	2004	Aprovação de regras para implementação do Protocolo de Quioto, com entrada de vigor no ano subsequente, após ratificação da Rússia; relato de diversos países sobre os problemas enfrentados pelas MCG e a necessidade de estudos para adaptação do mesmo; divulgação dos primeiros Inventários das emissões de gases. Definição de atividades de reflorestamento e florestamento de projetos de pequenas escalas.
11	Montreal (Canadá)	2005	O Protocolo de Quioto entra em vigor. Participam da COP apenas as Partes que ratificaram o protocolo. Realização da Primeira Conferência das Partes do Protocolo de Quioto (COP/MOP1); discussão do segundo período do Protocolo (após 2012), na qual instituições européias defendem reduções de emissão na ordem de 20 a 30% até 2030 e entre 60 e 80% até 2050; os países em transição que estão se tornando grandes emissores (China, Índia, México e Brasil), não aceitam compromisso de redução obrigatório.
12	Nairobi (Quênia)	2006	Define as condições de operacionalização do Fundo Especial de Mudanças Climáticas. Solicita ao GEF a devida prioridade para as atividades de Adaptação e a dinamização de seus programas, bem como a simplificação e melhoria da eficiência dos respectivos processos, para facilitar a formulação de propostas de projetos e o acesso a seus fundos, sobretudo pelos países em desenvolvimento. Revisão de prós e contras do Protocolo de Quioto.
13	Bali (Indonésia)	2007	Estabelece compromissos mensuráveis, transparentes e verificáveis para a redução de emissões causadas por desmatamento das florestas tropicais para o acordo que substituirá o Protocolo de Quioto. Esse é um dos pontos que integram o processo oficial de negociação para o próximo acordo, que deve ser concluído até 2009; diretrizes para financiamento e fornecimento de tecnologias limpas para países em desenvolvimento; apoio ao combate ao desmatamento dos países em desenvolvimento e outras ações de mitigação.
14	Poznan (Polônia)	2008	Definição e consenso quanto ao Fundo de Adaptação, instrumento estabelecido desde o protocolo de Quioto, dando direito às nações ao acesso direto ao fundo o qual é financiado com 2% dos valores arrecadados com o MDL. Definição do esboço do futuro acordo que sucederá o Protocolo de Quioto. Discussão sobre a inclusão da Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação (REDD) que terá suas diretrizes estabelecidas na 15ª COP, em Copenhague.

Fonte: Adaptado e atualizado de Maroun (2007) e de <http://www.oc.org.br/index.cfm?Fuseaction=conteudo&idSecao=107>

2.3 Protocolo de Quioto

As últimas Conferências não produziram os resultados esperados, ao contrário da Conferência de Quioto. O sucesso de Quioto foi atribuído a uma série de medidas estratégicas importante, como os Mecanismos de Flexibilização.

O Protocolo de Quioto é um acordo que define metas de redução de GEE para os Países do Anexo I da Convenção. As metas de redução diferem entre cada País e foram estabelecidas com base nas emissões divulgadas nos inventários nacionais de emissões antrópicas por fontes e de remoções por sumidouros de GEE (Monteiro, 2007). O protocolo estabeleceu que os Países do Anexo I deveriam reduzir as emissões totais em média de 5,2% em relação aos níveis de 1990, a ser atingida entre 2008 e 2012, designado primeiro período de compromisso. No entanto, esta meta já está sendo reavaliada para um próximo período de compromisso, no caso 2012 - 2016.

O percentual de redução de GEE adotado pelo protocolo teve por base as informações divulgadas pelo inventário nacional de emissões antrópicas por fontes, bem como, as remoções por sumidouros de GEE dos países signatários da Convenção. Os resultados do inventário das emissões dos GEE são expressos em dióxido de carbono equivalente (CO₂eq).

As metas de redução são diferenciadas, conforme as emissões dos países industrializados (Países do Anexo I). Estas estão variando de -8% a + 10%, em relação aos níveis de emissões de 1990. Enquanto os Países não-Anexo I não foram submetidos a metas de redução neste primeiro momento do acordo do Protocolo de Quioto (2008-2010).

Os principais compromissos estabelecidos pelo Protocolo de Quioto pelos Países do Anexo I foram: i) adoção de políticas públicas nacionais e medidas para a redução das emissões de CO₂ na atmosfera aos níveis de 1990; ii) comunicar seus inventários nacionais de emissões, discriminadas por tipo de fonte e remoções dos GEE por intermédio de sumidouros; iii) submeter relatórios sobre políticas públicas e medidas implementadas.

Os Mecanismos de Flexibilização são considerados a grande inovação do Protocolo de Quioto. Eles criaram as condições para que os Países do Anexo I pudessem alcançar os níveis de reduções dos GEE, de modo, a facilitar o cumprimento dos compromissos quantificados de limitação e redução de emissões assumidas no protocolo.

O protocolo ainda apontou algumas medidas a fim de promover o desenvolvimento sustentável, tais como: o aumento da eficiência energética em setores proeminente da economia nacional; a promoção de formas sustentáveis de agricultura; a pesquisa, a promoção, o desenvolvimento e o aumento do uso de novas fontes de energias renováveis, implementação de tecnologias de seqüestro de CO₂ e de tecnologias ambientalmente seguras, que sejam avançadas e inovadoras; medidas para limitar e/ou reduzir as emissões de GEE no setor de transportes (uso de agrocombustíveis), entre outras medidas complementares (MCT, 2006).

Para entrar em vigor, o protocolo precisava ser ratificado por, pelo menos, 55 países, incluindo, neste grupo, países industrializados que fossem responsáveis por, no mínimo, 55% das emissões totais de CO₂ em 1990. O Protocolo de Quioto precisava ser aprovado e sancionado pelo Poder Executivo dos Países Partes da Convenção (Monteiro, 2007). No entanto, antes da sua implantação, o protocolo passou por um longo processo de negociações, com sérios riscos de não se tornar legalmente obrigatório.

A ameaça de não-adesão ao Protocolo foi marcada pela combinação de seis fatores principais: a) menor interesse dos países emissores de carbono e a falta do progresso dos mesmos para atingir as metas propostas pelo protocolo; b) à recusa dos Estados Unidos em ratificá-lo (2001); c) a dificuldade de tornar o Protocolo de Quioto um instrumento para mitigar as causas das MCG; d) a oposição dos países exploradores de petróleo, especialmente os membros do OPEP; e) a instabilidade econômica da Rússia, desde a ratificação do protocolo; f) a falta de consenso entre as comunidades científicas e econômicas sobre a velocidade e a extensão das MCG e sobre os custos/ benefícios das diferentes alternativas para lidar com elas (Viola, 2004). Apesar de todos os obstáculos, o Protocolo de Quioto entrou em vigor de forma legítima em 2005, com a adesão da Rússia, na época o segundo maior emissor de GEE do mundo. Acredita-se que as negociações a respeito do clima devem avançar com a gestão do novo presidente dos EUA, Barack Obama. Ele tem sinalizado interesse em minimizar os efeitos das MCG causados pelas emissões de GEE para atmosfera. Obama confirmou recentemente sua posição no encontro do G8. Cabe ressaltar que, os EUA são o maior poluidor mundial do planeta.

O Protocolo de Quioto apresentou três medidas de flexibilização importantes, como forma dos Países do Anexo I atingirem as metas pré-estabelecidas. As medidas são: Implementação Conjunta (IC), Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) e Comércio

de Emissões (CE). O Mecanismo de Flexibilização foi implementado em decorrência dos altos custos de reestruturação nos setores produtivos dos Países do Anexo I. Este mecanismo possibilitou alternativas de reduções fora de seus territórios, não sendo necessário redução na fonte geradora (Pereira & May, 2003), favorecendo a redução de GEE na atmosfera a custos menores (Rudge, 2005). Tais medidas são importantes, embora ainda não tenham sido totalmente exploradas.

Segundo Monteiro (2007), os modelos climáticos globais, utilizados nos cenários de mitigação, apontam os Mecanismos de Flexibilização do Protocolo como uma estratégia importante para reduzir o custo de mitigação em certos países desenvolvidos, tendo, portanto, uma função de complementar as políticas internas desses países. O MDL, dentro dos mecanismos de flexibilização, tem ganhado destaque, sendo este originário de uma proposta brasileira, incorporada no Protocolo de Quioto. O Brasil propôs, inicialmente, um Fundo de Desenvolvimento Limpo, a ser formado por contribuições dos países desenvolvidos que não cumprissem suas metas de redução. O recém criado Fundo Amazônia tem princípio similar ao Fundo de Desenvolvimento Limpo, porém, está limitado à redução do desmatamento na região Amazônica. A idéia do fundo foi alterada, estabelecendo-se posteriormente o MDL. Este mecanismo consiste na possibilidade de que os Países do Anexo I que tenha compromisso de redução, financie projetos com base em tecnologias limpas a serem implementadas em territórios dos Países não-Anexo I, como forma de cumprir parte de seus compromissos. Com isso, poderia amortecer reduções de GEE e utilizar créditos de emissões de carbono para atendimento de suas metas nacionais, implementadas em países em desenvolvimento (MCT, 2006; Maroun, 2007).

Os projetos que se habilitam à condição de projeto de MDL devem cumprir uma série de procedimentos até receber a chancela da ONU (BVRJ, 2009). Eles devem implicar em redução de emissões adicionais àquelas que ocorreriam na ausência do projeto, garantindo benefícios reais, mensuráveis e de longo prazo para a mitigação das causas das MCG. Os projetos de MDL são aprovados após uma série de fases (Figura 1), usando metodologia de linha de base e plano de monitoramento aprovados para sua validação e registro, no qual são aferidos os critérios de elegibilidade definidos pelo Protocolo de Quioto. Os projetos são financiados para gerar Reduções Certificadas de Emissões (RCEs) ou créditos de carbono. O certificado é emitido pelas agências de proteção ambiental reguladora (certificadoras), atestando que houve redução de emissão GEE. No Brasil é

delegada à Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima, a responsabilidade pela normatização, avaliação e aprovação dos projetos de MDL.

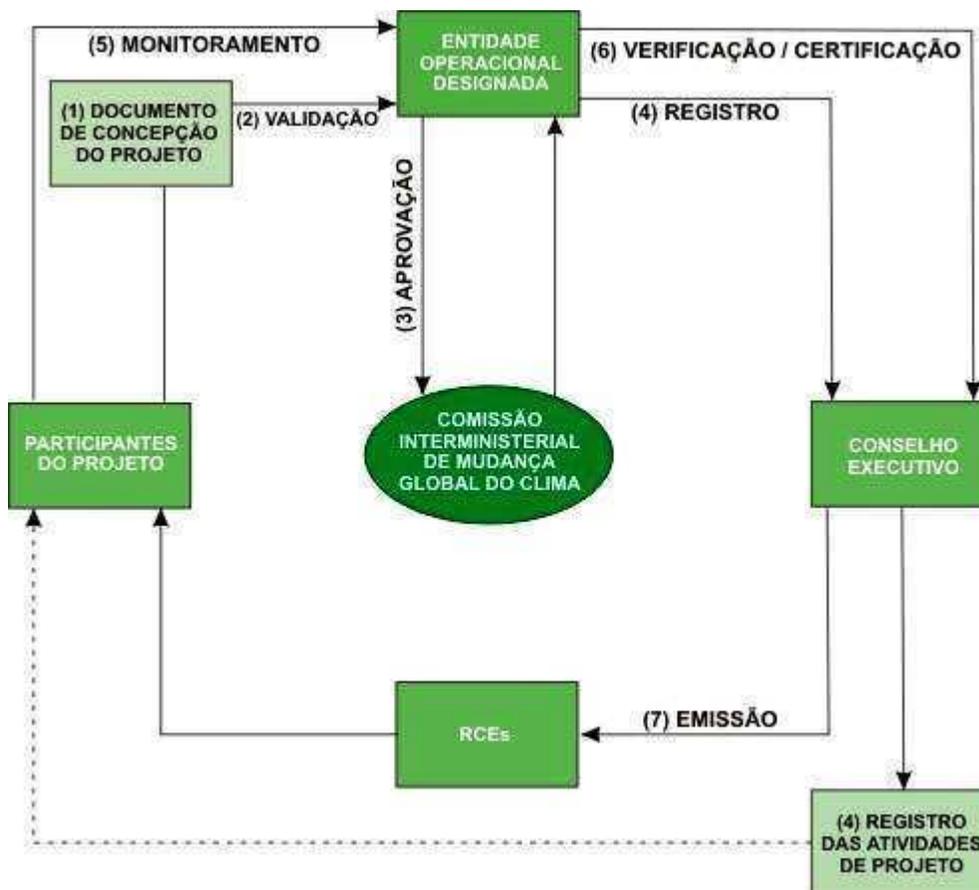


Figura 1. Organograma de um projeto de MDL. Fonte: Adaptado de BVRJ (2009).

De acordo com o MCT (2009), as atividades de projeto estão divididas em pequena e larga escala. Conforme os acordos de Marraqueche, classificam-se como atividades de projeto de pequena escala do MDL: i) atividades de projetos de energia renovável com capacidade máxima de produção equivalente até 15 megawatts (ou uma equivalência adequada); ii) melhoria da eficiência energética que reduza o consumo de energia, tanto da demanda quanto da oferta, até o equivalente a 15 gigawatt/hora por ano; iii) outras atividades que reduzam emissões antrópicas por fontes e que, emitam diretamente menos do que 15 quilo-toneladas equivalentes de CO₂ por ano. As outras atividades serão, então, classificadas como atividades de projeto de larga escala.

Foi estabelecido, por convenção, que uma tonelada de CO₂ equivalente corresponde a um crédito de carbono (Abreu, 2008). Este crédito pode ser negociado no

mercado internacional, através de bolsas de carbono, onde é atribuído um valor monetário para a redução do CO₂ como forma de conter os efeitos do aquecimento global. A redução da emissão de outros gases, como o CH₄, por exemplo, que também contribuem para este efeito e apresenta um potencial de aquecimento 21 vezes maior que o CO₂, pode igualmente ser convertido em créditos de carbono, utilizando o Carbono Equivalente, neste caso valeria 21 créditos de carbono.

Atualmente, cerca de 5074 projetos encontram-se em alguma fase do ciclo de projetos de MDL em todo o mundo, sendo 1.717 já registrados pelo Conselho Executivo do MDL e 3.357 em outras fases do ciclo (MCT, 2009). De acordo com Rocha (2008), 30% dos projetos estão ligados direto ou indiretamente à agricultura como os projetos de biogás, de produção de energia de biomassa e de florestamento e reflorestamento. A China, Índia e o Brasil ocupam a primeira, a segunda e a terceira posição em número de atividades de projeto, em alguma fase. Maroun (2005) argumenta que o MDL é considerado uma oportunidade ímpar para o desenvolvimento sustentável, sobretudo, nos setores da agropecuária, floresta, energia renovável, conservação de energia, e ainda um estímulo ao conhecimento científico e tecnológico.

O Brasil desenvolve 238 projetos de MDL, dos quais 221 são aprovados de acordo com a Resolução N° 1. Desse total, a participação da energia renovável como escopo setorial representa 48,9% (MCT, 2009). Os projetos de larga escala representam 55% do total (MCT, 2009). Por outro lado, o MDL ainda é limitado pela ausência de metodologias aprovadas. De acordo com Maroun (2007), o estabelecimento do MDL pelo protocolo foi um importante passo, embora ainda inexpressivo, na direção da mitigação das causas das MCG.

Em termos de reduções de emissões projetadas (futuras), o Brasil ocupa a terceira posição, sendo responsável pela redução de 330.722.468 de t CO₂, correspondente a 6% do total mundial. A China ocupa o primeiro lugar com 2.527.037.342 t CO₂ a serem reduzidas (47%), seguida pela Índia com 1.345.998.122 de t CO₂ (25%) de emissões projetadas para o primeiro período de obtenção de créditos. Os períodos podem ser de no máximo 10 anos para projetos de período fixo ou de 7 anos para projetos de período renovável. Os projetos são renovados por no máximo três períodos de 7 anos, totalizando 21 anos (MCT, 2009). A participação do Brasil nos projetos de MDL tem ganhado espaço, em face de o País apresentar extraordinárias condições naturais para mitigar os GEE. Ao mesmo tempo,

pode-se aproveitar a oportunidade do MDL para mobilizar recursos financeiros de fontes internacionais, para projetos que visem o desenvolvimento sustentável, a eficiência energética, e a geração de energia limpa e renovável. A distribuição das atividades de projeto no Brasil por escopo setorial mostra que o setor energético predomina (MCT, 2009). O setor de energia renovável representa 48% do total, seguido pela suinocultura e pela troca de combustíveis fósseis, que representam 17% e 12%, respectivamente.

Em 2008, o mercado global de carbono gerou aproximadamente US\$ 118 bilhões em transações de carbono ao redor do mundo. Apesar da crise financeira internacional, estima-se que o mercado alcançará US\$ 150 bilhões (Muller, 2008). Desta forma, além do aporte financeiro, o MDL pode contribuir para o avanço das fontes energéticas renováveis e para os acordos multilaterais na área ambiental e agrônômica (PNA/Mapa, 2006). Neste caso, os agrocombustíveis tornam-se uma alternativa impulsionadora desse novo e promissor mercado.

A título de orientação, é apresentado a seguir um organograma resumido de fatos históricos que marcaram o esforço mundial, no sentido de minimizar os efeitos adversos do aquecimento global no período de 1950 a 2007 (Figura 2).

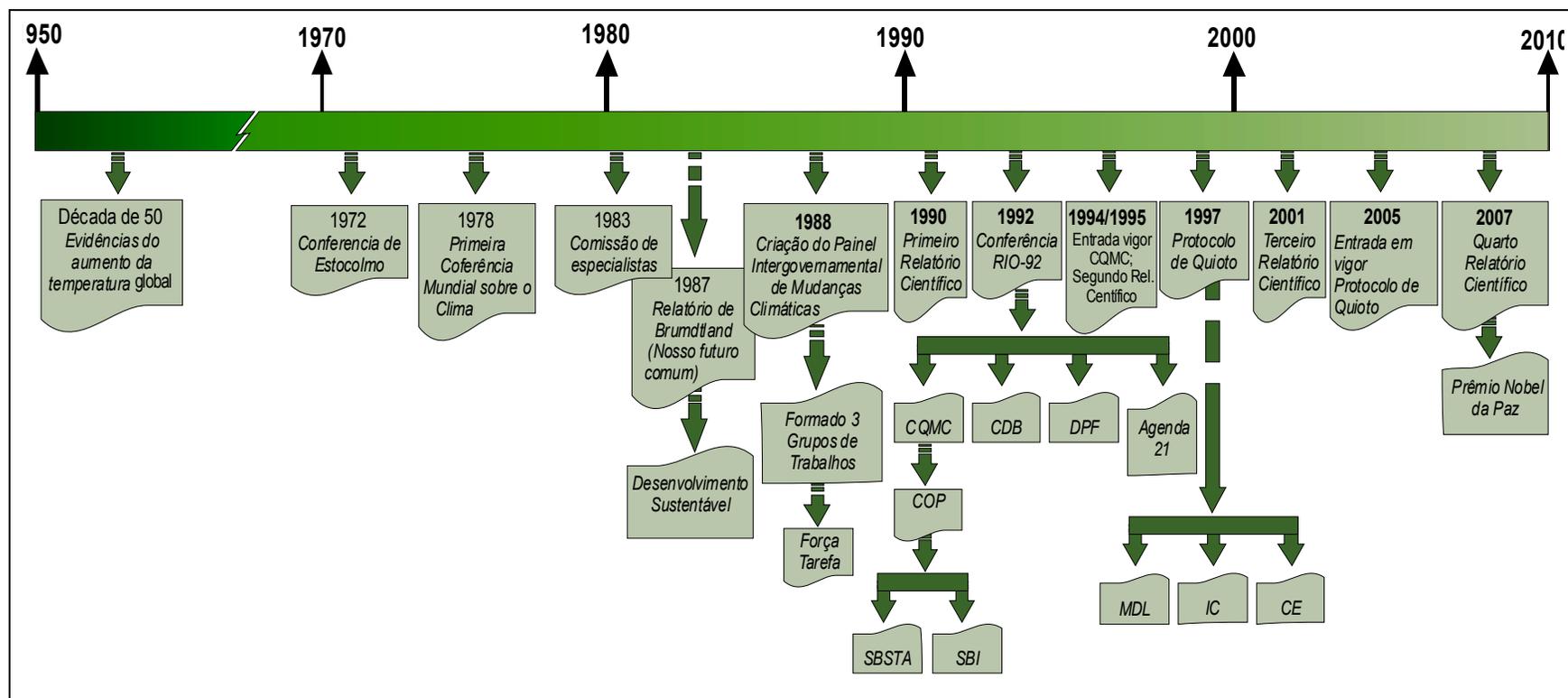


Figura 2. Organograma resumido das ações mundiais para enfrentamento das MCG.

2.4 Protocolo de Quioto: posição brasileira

O Brasil foi pioneiro no acordo da CQNUMC e no Protocolo de Quioto, embora não seja submetido às metas de redução das emissões no primeiro momento (Brasil/MME, 2007). Porém, o País assumiu o compromisso, em uma ação conjunta entre as partes, de reduzir os GEE, por meio de medidas jurídicas, ações governamentais e não-governamentais. Apesar do País ter outras prioridades emergenciais, tais como: saúde, educação, moradia, segurança alimentar. Todavia, o governo brasileiro vem buscando formas de promover seu desenvolvimento de forma sustentável, aproveitando suas potencialidades biológicas e energéticas.

O Brasil se comprometeu em elaborar e atualizar periodicamente os inventários nacionais de emissões por fontes antrópicas, no âmbito do Projeto PNUMA BRA/05/G31, cuja coordenação geral é do Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT (Bessa e Moreno, 2008). Para isso, foi estabelecido um quadro institucional na forma de um Programa, sob a coordenação do MCT, com recursos financeiros aportados pelo PNUMA, com apoio adicional do governo norte-americano.

Na primeira edição do inventário, os únicos dados base para os trabalhos eram os do IPCC. Estes foram adaptados para uso no Brasil, porém considerados rudimentares e de alto custo. No entanto, recentemente, foi criada pela Embrapa uma plataforma sobre MCG, com aprovação de um comitê gestor, contando com a participação de 100 pesquisadores, de diversas unidades, e ainda com participação de outras entidades colaboradoras. Acredita-se que tal plataforma poderá integrar, por exemplo, a Rede de Pesquisa em Mudanças Climáticas, coordenada pelo MCT (Bessa e Moreno, 2008). A plataforma tem por objetivo motivar, incentivar e alavancar ações importantes no tema das MCG, contribuindo de forma significativa com o inventário nacional de gases, especialmente na área agrária, este considerado referência no País.

A contribuição da Embrapa engloba quatro temáticas: emissão de metano proveniente do cultivo de arroz irrigado por inundação e pela pecuária ruminante; manejo de dejetos animais; emissão de gases provenientes da queima de resíduos agrícolas; e emissão de óxido nitroso proveniente de solos agrícolas (Bessa e Moreno, 2008).

A empresa desenvolve atualmente 214 projetos de pesquisa na área. Foram investidos mais de 30 milhões de reais na Plataforma (Bessa e Moreno, 2008). Neste contexto, a contribuição será fundamental para medidas estratégicas do País. Também contribuirá para o inventário nacional, especialmente do setor agrícola, pois as

diferenças entre as metodologias adotadas, principalmente pelos países desenvolvidos, nem sempre servem de base para comparação entre os países signatários, principalmente quanto à mudança do uso do solo e florestas.

Não obstante, o aporte financeiro e intelectual da Embrapa para o problema das MCG, as instituições de pesquisa e ensino do Brasil, a exemplo das Universidades com forte inserção no agronegócio, vêm dando suas contribuições. Falta, entretanto, congregar todos estes esforços dispersos em ações conjunta e concatenada para o enfrentamento do problema.

O inventário nacional de emissões de gases é parte integrante do acordo firmado na CQNUMC. Os relatórios dos setores econômicos geralmente baseiam-se em trabalhos previamente feitos por diversas instituições nacionais, embora existam fatores que impossibilitem o conhecimento real do problema doméstico. O levantamento e avaliação das emissões anuais em cada País são fundamentais para a compreensão da evolução dos problemas das MCG. Eles são pauta de discussão pelas Conferências da Parte, em busca de um planejamento estratégico para redução ou erradicação dos efeitos perniciosos dos GEE.

O primeiro e único inventário brasileiro de emissão de GEE foram divulgados em 2004, abrangendo o período 1990/94. O segundo inventário está sendo elaborado com base nas diretrizes atualizadas do IPCC. O documento terá como referência o período de 1995 a 2000 e com previsão de conclusão em 2009.

No Brasil, somente os Estados do Rio de Janeiro, São Paulo e, recentemente, Minas Gerais emitiram o inventário nacional de emissão de GEE. Seus resultados são importantes para elaboração de cenários futuros (otimista, mediano e pessimista), além de encorajar os demais estados, municípios e empresas, no engajamento desta ação e, sobretudo, ser um instrumento imprescindível para políticas de enfrentamento das MCG.

Segundo, o Ministério da Ciência e Tecnologia, há falta de preocupação institucional de algumas organizações, no fornecimento de informação, sobretudo em nível local, e ainda carência de legislações específica que obriguem os setores econômicos a fornecer informações sobre suas emissões. Por outro lado, os altos custos para medições, comparado à melhoria da precisão da estimativa das emissões, aliados à falta de equidade entre as metodologias adotadas pelos diversos países, dificulta a comparação de resultados entre eles.

Em 2005, na COP 11, os representantes do Brasil levaram algumas propostas, dentre elas, a proposta de valorização das florestas no combate ao aquecimento global, com suporte financeiro internacional. Todavia, somente na COP 14, a possibilidade de

incluir a Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação (REDD) terá suas diretrizes estabelecidas na futura COP 15. O mercado de carbono e/ou um fundo internacional poderão ser utilizados para as negociações da redução de emissões de CO₂. Na COP 14 a proposta brasileira derivou de pressões externas e internas crescentes, decorrentes do desmatamento e queimadas, principalmente na região Amazônica. Todavia, porém, cabe lembrar que a maior preocupação da CQNUMC está centrada em sua maioria nos combustíveis fósseis à base de carbono, como petróleo e carvão mineral.

O Brasil atualmente encontra-se entre os vinte maiores emissores de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera. Em 2005, emitiu 0,36 bilhão de toneladas de CO₂. O País ocupa a quinta posição mundial entre os países que mais emitiram GEE, no período de 1990-2005, ficando atrás apenas da China, Coréia do Sul, Iran e Espanha (Figura 3). Esse fato está relacionado principalmente ao desmatamento e queimada ilegais. Esses dois fatores são responsáveis por 75% das emissões de CO₂ no País. Por outro lado, o Brasil encontra-se em posição favorável em relação a diversos Países que não conseguem reduzir suas emissões internamente e de forma satisfatória, dado que desmatamento e queimada ilegais são ações passíveis de controle.

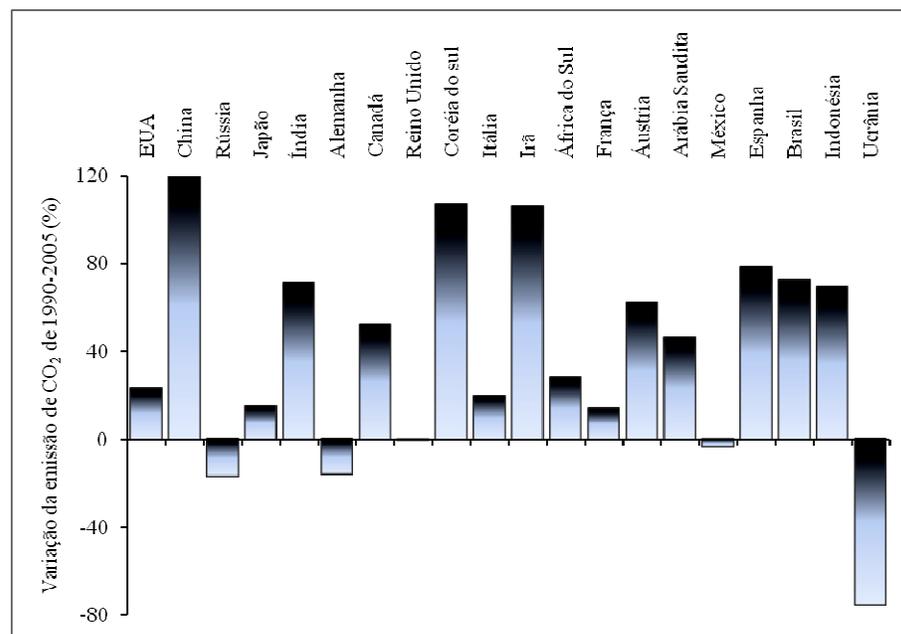


Figura 3. Relação dos 20 países maiores emissores do mundo de dióxido de carbono (CO₂) no período de 1990 a 2005.

Fonte: Adaptado de: <http://ecotecnologia.wordpress.com/2007/12/06/os-20-maiores-em-emisses-de-co2>.

Após o primeiro período estipulado pelo Protocolo de Quioto (2008-2012), a pressão sobre os Países não-Anexo I será intensificada, em decorrência das grandes emissões de GEE para atmosfera. O próximo tratado mundial sobre aquecimento global está previsto na COP 15, no fim de 2009, em Copenhague, Dinamarca, com objetivo de substituir o Protocolo de Quioto e propor novas diretrizes entre as partes. Porém, os países já estão se mobilizando no sentido de não aceitar metas de redução obrigatória, fato agravado pela não adesão dos Estados Unidos e da Austrália ao protocolo. Assim, mais dificuldades de negociações foram criadas entre as Partes. O Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas também é contrário as metas de redução de gases de forma obrigatória. Todavia, defende a redução de emissões de GEE por produtos produzidos, além de propor um Plano de Ação Nacional de Enfretamento das Mudanças Climáticas, agrupado por eixos estratégicos em ações de Mitigação, Adaptação e Ações Transversais, de forma a reduzir as MGC advindas das ações antropogênicas. Também defende um conjunto de medidas e ações no combate ao desmatamento, especialmente na região Amazônica. É válido mencionar que o Brasil encontra-se em 8º lugar no ranking mundial contra o aquecimento global.

2.5 Desmatamento em território brasileiro: ônus e bônus

Desde a década de 1990, quando foram veiculadas na mídia informações que o Brasil estava destruindo a floresta Amazônica, considerada “Pulmão do Mundo”, houve reações contrárias por parte das organizações não governamentais, de líderes políticos e de chefes de governos (Duarte, 2004). Essas informações colocaram o Brasil na defensiva frente à ameaça de intervenção internacional.

Atualmente o desmatamento e a agropecuária são os responsáveis pela maior parte das emissões brasileiras de GEE (MCT, 2006). Segundo o IPCC, o desmatamento responde pela maior parte destas emissões, principalmente na região amazônica, e apenas 25% é atribuída a queima de combustíveis fósseis, situação inversa nos demais países do globo. Segundo Alencar et al. (2004), a maior preocupação a cerca da exploração dos recursos naturais da Amazônia está ligada à perda, em grande escala, de áreas da floresta em decorrência do avanço do desmatamento, sobretudo quando associadas às políticas de desenvolvimento na região, tais como: especulação de terra ao longo das estradas, crescimento das cidades, aumento crescente da pecuária bovina e exploração madeireira.

Diversas medidas governamentais nos últimos anos têm contribuído para a redução do desmatamento em todo o território nacional, especialmente na região Amazônica. Em 2004 e 2005, o desmatamento na Amazônia foi reduzido em 51%. Isso equivale à redução de 430 milhões de toneladas de gás carbônico lançados na atmosfera (Máximo, 2007). Esta redução pode ser o resultado da criação do Grupo Permanente de Trabalho Interministerial sobre Desmatamento na Amazônia, instituído pelo Decreto de três de julho de 2003, aliado à ações de instituições estaduais e municipais e organizações não-governamentais. No entanto, no final de 2007, este índice voltou a se elevar, requerendo do Governo Federal medidas emergenciais e prioritárias. Já entre os meses de agosto e dezembro de 2008 foram destruídos 635 km². Estes dados mostram que o desmatamento na Amazônia Legal foi reduzido em 82% em relação ao mesmo período de 2007, quando foram desmatados 3.433 Km². Segundo os pesquisadores do Imazon (Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia) que monitora a floresta por satélites, a redução do desmatamento está associada à crise econômica mundial, com a redução da produção do carvão vegetal, da pecuária e de algumas *commodities* agrícolas que estão com seus preços em queda. Contudo, o desmate pela apropriação de terras continua a todo vapor (Agege et al., 2009). Em 2008, o ministro do Meio Ambiente, criou um conjunto de medidas estratégicas para o enfretamento do desmatamento na Amazônia e promoção do desenvolvimento sustentável local.

Em agosto de 2008 foi criado o Fundo Amazônia, administrado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). O Fundo destina-se a captar doações para investimentos no combate ao desmatamento e na promoção da conservação e desenvolvimento sustentável das florestas na Amazônia brasileira. O Fundo Amazônia já conta com a garantia de US\$ 140 milhões, doados pela Noruega. E mais, já existem estimativas para uma arrecadação de 1 bilhão de dólares no primeiro ano de vigência. É importante lembrar que este fundo está baseado na quantidade de carbono evitada pelo País.

Segundo o ministro do Meio Ambiente, Carlos Minc, as doações podem ser feitas tanto pelos setores públicos, quando privados. Ainda, segundo ele, o fundo é uma forma dos países signatários do Protocolo de Quioto, que não atingiram suas metas de redução, utilizá-lo como forma de compensar o não cumprimento do acordo estabelecido. O governo brasileiro durante a COP 14 apresentou uma proposta desafiadora através do Plano Nacional sobre Mudança do Clima, se comprometendo a reduzir em 70% o desmatamento da Floresta Amazônica até 2017.

2.6 Cenário das alterações climáticas: mundo e Brasil

Os efeitos do aquecimento global já são sentidos em todo planeta. As MCG estão afetando os ecossistemas naturais, causando a destruição ou a degradação do habitat, e a perda permanente da produtividade, ameaçando tanto a biodiversidade como o bem-estar humano (Marengo, 2007).

Segundo o QRA relatório do IPCC, a América Latina terá aumento na desertificação das regiões semi-áridas de forma expressiva. Isso trará riscos de perda de biodiversidade provocada pela extinção de espécies (fauna e flora) e de mudanças nos padrões agrícolas das regiões tropicais, com o declínio de safras e a redução da segurança alimentar, além de alteração dos ciclos hidrológicos, que afetará a disponibilidade de água para consumo humano, além de riscos a saúde pública. As alterações do clima influenciarão de forma negativa o desenvolvimento econômico dos países, embora tal influência seguramente afetará diferentemente as diversas regiões do globo.

Por exemplo, no hemisfério norte os efeitos das MCG estão sendo sentidos mais fortemente no Ártico. Com a intensificação desse processo, prevê o derretimento de geleiras, a retração de calotas polares e aumento do nível do mar (IPCC, 2007), colocando em risco especialmente as comunidades litorâneas.

Os estudos sobre os impactos das alterações climáticas trouxeram preocupações a respeito das condições de pobreza e da capacidade de adaptação de países/regiões/setores/comunidades especialmente vulneráveis (Monteiro, 2007). A questão da adaptação à mudança do clima vem se tornando cada vez mais relevante no âmbito das negociações da Convenção do Clima. Como efeito, os relatórios do IPCC indicam que, os Países não-Anexo I (países em desenvolvimento) deverão ter maiores dificuldades para lidar com os efeitos adversos do clima. É notório, que os países em desenvolvimento são os mais vulneráveis às mudanças, em função de terem historicamente menos capacidade de responder à variabilidade natural do clima (MCT, 2007), por apresentarem recursos escassos e existência de questões prioritárias e mais imediatas que as mudanças climáticas, como a redução da pobreza, a segurança alimentar, a saúde, o gerenciamento dos recursos naturais, o acesso à energia (Adger et al., 2003; MCT, 2007). Segundo Marengo (2006), a vulnerabilidade é decorrente da

magnitude, qualidade e índice da variação climática a qual um sistema está exposto, bem como da sua sensibilidade e capacidade de adaptação.

De acordo com Confaloniere (2007), os fenômenos associados as MCG significam um estresse adicional sobre situações-problema já existentes, como: doenças infecciosas endêmicas e acidentes por eventos extremos, além de riscos adicionais para a saúde pública, ação excessiva sobre os serviços de saúde, problemas de abastecimento de água, e possível aumento de distúrbios respiratórios. Além do agravamento da desnutrição em áreas afetadas por insegurança alimentar, em função da queda na produção da agricultura, notadamente de subsistência.

É evidente a influência das MCG em todos os níveis, se manifestando de forma direta ou indireta no desenvolvimento do País, trazendo enormes prejuízos materiais e comprometimento à vida. Neste contexto, a busca por um desenvolvimento sustentável é fundamental para minimização dos efeitos adversos e auto-suficiência do País, tornando positivas tais consequências, e aproveitando os acordos internacionais como o MDL, abrindo oportunidades na promoção do desenvolvimento sustentável e avalançagem social, econômico e ambiental.

De acordo com Pellegrino et al (2007), o Brasil é um País vulnerável aos processos de MCG, podendo apresentar efeito pernicioso, com desastres naturais acentuados (deslizamento de terra, secas e enchentes). No entanto, segundo o IPCC, o maior impacto das MCG será sentido na alteração do regime pluviométrico e na elevação da temperatura, trazendo consequências diretas sobre a agricultura e sobre a biodiversidade. A riqueza em diversidade biológica do País poderá ser afetada de forma significativa, com aceleração na extinção de espécies da flora e fauna. Os biomas brasileiros como Amazônia, Mata Atlântica, Cerrado, Caatinga, Pantanal, Zona Costeira e Campos do Sul estão sob risco permanente (Marengo, 2006).

A temperatura média do Brasil, no século XX aumentou aproximadamente 0,75 °C. O aumento de temperatura pode ocorrer de forma diferenciada entre regiões e países, em função da infra-estrutura, densidade demográfica, taxas de poluentes, e de outros fatores associados, ou mesmo por causas naturais do clima (Marengo, 2007). Estudos sobre tendências da temperatura do ar têm sido desenvolvidos, em vários países da América do Sul (Marengo & Valverde, 2007).

Os efeitos dos extremos climáticos já chegaram ao Brasil, com poder de destruição e mortes, como o fenômeno furacão Catarina, que ocorreu em 2004 (com 3 mortes e 100 mil casas destruídas), considerado o primeiro furacão do Atlântico Sul. Ele atingiu a costa sul do País e dentre suas causas, não está excluída a possibilidade de

estar relacionado ao aquecimento global (Marengo, 2006; Marengo & Valverde, 2007). Em 2008, Santa Catarina sofreu mais um desastre climático, em decorrência da enchente no Rio Itajaí, causando comoção dos brasileiros. Segundo informações divulgadas pela defesa civil, foram confirmadas 122 mortes e 29 desaparecidos, em decorrência desta catástrofe, além de 5.710 desabrigados (Globo, 2008). No final de 2008, Minas Gerais também foi acometida por eventos climáticos intensos. O município de Ponte Nova, na Zona da Mata mineira sofreu com a enchente do Rio Piranga, causada por intensas chuvas, causando inundação de diversas ruas, lojas comerciais e casas, destruindo pontes e outras infra-estruturas, além do comprometimento do abastecimento de água e energia da população local.

Recentemente, o Norte e o Nordeste formam vítimas das enchentes. No Maranhão, 66 mil pessoas tiveram que sair de suas casas. Bahia, Paraíba, Sergipe e Pará também enfrentaram grandes enchentes com registros de desabrigados, desalojados, mortes, fome, sede, doenças e prejuízos econômicos incalculáveis.

Segundo Marengo & Valverde (2007), tendências projetadas através de modelos climáticos para o século XXI na região Sul do Brasil, mostram implicações na Bacia do Prata, onde o incremento das elevadas temperaturas do ar, simuladas de acordo com os modelos do IPCC, poderá comprometer a disponibilidade de água para agricultura, para o consumo e para geração de energia. Uma das maiores ameaças é a projeção de desertificação do semi-árido brasileiro, que provocaria, além de fome e doenças, um enorme êxodo rural.

Em face à vulnerabilidade sócio-ambiental do semi-árido, vários programas e ações de Governo, a exemplo do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) já foram estruturados e estão sendo implementados visando o combate à seca no Nordeste e o seu desenvolvimento (Monteiro, 2007). Nesta região, mais de 70% da população compõe a agricultura de base familiar e, portanto, dependem de atividades agrícolas para sua sobrevivência.

2.7 Panorama das mudanças climáticas na agricultura no mundo e no Brasil

As mudanças climáticas e seus impactos na agricultura já podem ser observados e registrados em todas as partes do mundo, com prejuízos econômicos estimados na ordem de bilhões, além de comprometer severamente a produção de

alimentos. Se nada for feito para reduzir os efeitos perniciosos das MCG, como, investimentos em pesquisas que mitiguem tais efeitos, somente no Brasil estima-se que os prejuízos econômicos poderão chegar a R\$ 7,4 bilhões em 2020, e com projeções para 2070 de R\$ 14 bilhões (Assad et al. , 2008).

O aumento da temperatura do ar é o fator mais contundente, influenciando perdas significativas na produção e mudanças em áreas zoneadas para as culturas. Em alguns casos, o cultivo poderá ser inviável regionalmente, influenciando também de forma negativa a produtividade agrícola. As alterações climáticas deverão não só afetar a produtividade potencial das culturas, mas também modificar os efeitos das doenças de plantas (Vale et al., 2007). Para que se possa combater ou se adaptar a esses impactos, o primeiro passo importante é buscar conhecer o fenômeno, definindo possíveis cenários agrícolas a partir de cenários futuros das MCG (Pellegrino, 2007).

O rápido aumento das temperaturas mundial terá, provavelmente, um grave efeito sobre as colheitas nas zonas tropicais e subtropicais, no fim do século XXI. De acordo com Battisti & Naylor (2009), metade do mundo enfrentará uma grande escassez de alimentos, caso nenhuma medida de adaptação seja realizada, especialmente a dos países mais pobres e que apresentam as maiores taxas de crescimento populacional.

Segundo estimativas da FAO, entre 2025 e 2050, a população mundial será de, aproximadamente, 8 e 9,2 bilhões de pessoas, respectivamente. Isto representará um grande desafio para produção de alimento e energia para atender a crescente demanda populacional. Estima-se a necessidade do aumento médio da produção de todos os cereais, em 80% superior à produtividade média em relação a 1990, valor esse suficiente apenas para o incremento populacional de 8 bilhões de pessoas (Abrasem, 2007), o que demandará uso intensivo de água, energia e alimento. Haverá então grande pressão sobre a agricultura mundial para produção de alimentos e energia.

A situação se torna mais grave quando se considera a alteração climática, pois dentre os setores da economia, a agricultura é altamente dependente do clima (Monteiro, 2007). No Brasil, a agricultura é um setor importante no desenvolvimento sócio-econômico do País. Neste sentido, o setor agropecuário brasileiro apresenta papel fundamental na busca de soluções para os desafios do aquecimento global (Rocha, 2008). O agronegócio responde por 30% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, responsável por aproximadamente 37% dos empregos gerados e 92% do saldo da balança comercial (Abrasem, 2007). O PIB representa a soma em valores monetários de

todos os bens e serviços finais produzidos numa determinada região (Wikipédia, 2009b).

A agricultura tem contribuição histórica com as emissões de GEE, as quais vem se intensificando com sua modernização (uso de fertilizantes sintéticos, cultivo em grande extensões de áreas, mecanização agrícola, etc), além de aceleração agroindustrial que também é grande emissora de GEE.

De acordo com o Greenpeace (2008a), as emissões diretas e indiretas da agricultura representam 17 a 32% de todas as emissões globais de GEE. As emissões indiretas oriundas da agricultura incluem o uso de combustíveis fósseis nas atividades rurais, a produção de agroquímicos e a conversão das terras ocupadas por ecossistemas naturais em áreas agrícolas (Greenpeace, 2008a). As emissões diretas por sua vez são produzidas em sua maioria, pelo CH₄ e pelo N₂O.

As emissões indiretas oriundas da agricultura em virtude do uso de combustíveis fósseis nas atividades rurais, sobretudo, o óleo diesel, têm contribuído com as emissões de GEE. Em 2007, o setor agropecuário brasileiro representou 4,5% do consumo final de energia. Posicionando-se como segundo consumidor de óleo diesel com 5 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (tep), perdendo apenas para o setor de transportes. Juntos, agropecuária e transportes representam 45,9% do consumo final energético de derivados do petróleo (Brasil/EPE, 2008). Em 2008, o consumo do petrodiesel no setor de transportes foi 31 milhões de tep (Brasil/EPE, 2009). O tep é uma unidade de energia definida como o calor liberado na combustão de uma tonelada de petróleo bruto.

A maior vulnerabilidade ou a baixa capacidade dos países em desenvolvimento de se defender dos impactos das MCG se agrava quando se trata dos seus impactos sobre a agricultura. De maneira geral, esses países são fortemente dependentes da atividade agrícola, seja ela de subsistência ou como base da economia nacional (Pellegrino et al, 2007).

Os estudos sobre as MCG são realizados, na maioria das vezes, com informações divulgadas pelo IPCC, onde os pesquisadores utilizam modelos de clima e simulação de ecossistemas como ferramenta de interpretação do funcionamento dos sistemas naturais e de produção e consumo. Vários modelos já estão sendo utilizados para averiguar a relação da produtividade potencial da cultura com as mudanças climáticas (Assad et al., 2007).

O Brasil possui uma série de vantagens comparativas energéticas e ambientais como: ampla biodiversidade, matriz energética com grande participação de energias

renováveis, experiência agroenergética, disponibilidade de grandes extensões de terras, água em abundância, e petróleo. Recentemente aparece como o décimo País detentor de reservas petrolíferas. Neste cenário, o Brasil vem ocupando posição de liderança e destaque no mercado mundial de produtos agropecuários e agroenergéticos. O País apresenta oportunidades ímpares na ampliação dos negócios e no atendimento da demanda interna, sustentando o crescimento interno nacional e com potencial para atender a demanda externa.

No entanto, estratégias sustentáveis já não são medidas alternativas, mas uma necessidade urgente e global. As soluções devem se agrupadas em metas globais prioritárias: i) conhecimento do problema, especialmente no que se refere à falência do modelo de desenvolvimento global em âmbito local, regional e nacional e a real situação de risco que a humanidade está exposta; ii) educação sistemática; iii) o uso da ciência, tecnologia e cultura adequada, como economia biofísica e a modelagem e simulação de ecossistemas como ferramenta de interpretação do funcionamento dos sistemas naturais e de produção e consumo e iv) ações justificáveis, como desenvolvimento de sistemas renováveis e de baixo custo; ajustes e reestruturação da agricultura, produção sustentável de alimento, energia de biomassa, emprego de boa qualidade e serviços ambientais (Ortega & Takahashi, 2008).

No Brasil, estudos sobre os impactos das MCG na agricultura ainda são incipientes. No entanto, estudos de projeções das MCG com uso de modelos já são observados, especialmente após projeções do último relatório do IPCC que, tem provocado inquietações no meio técnico-científico ligado ao setor agropecuário, estimulando estudos dos efeitos das MCG, considerando os cenários climáticos projetados pelo painel sobre o zoneamento agroclimático das culturas (Collicchio, 2008).

Estudos realizados por Siqueira et al. (2000), utilizando cenários climáticos projetados, observaram reflexos negativos sobre a produção nacional de grãos de trigo, de milho e de soja. Os cenários climáticos futuros mostram uma redução média de 31% na produção nacional de grãos de trigo (no Centro-Sul), 16% para o milho, particularmente do Nordeste e Norte e para soja um aumento médio na produção de 27%, como resultando de efeitos benéficos do aumento das concentrações de CO₂. A implementação da concentração de CO₂ na atmosfera, até certo ponto, não afetará a produtividade, por favorecer o rendimento de algumas culturas, a exemplo da cultura da cana-de-açúcar, que terá condições para expandir sua produção, até mesmo em regiões

não tradicionais ao seu cultivo. A cultura da mandioca também se beneficiaria por tais alterações do clima no País.

As simulações de cenários feitas para o arroz, feijão, milho, soja, para alguns estados brasileiros, demonstram que a área e a produção das culturas poderão sofrer drásticas reduções, com aumento da temperatura do ar em 1 °C, 3 °C, e 5,8 °C. Estes três cenários de aumento de temperatura prevêm o incremento de 5, 10 e 15% na quantidade de chuva. Estes acréscimos foram indicados a partir dos cenários elaborados pelo IPCC. Os resultados indicam redução de área apta para o café superior a 95% em Goiás, Minas Gerais e São Paulo, e de 75% no Paraná, no caso do aumento de temperatura 5,8% (Assad, *et al.*, 2006; Rocha, 2008) e uma redução de 41%, 23%, 64%, 15% e 92% na produtividade das culturas do arroz, feijão, soja, milho e café, respectivamente (Assad, *et al.*, 2006; Assad *et al.*, 2007; Rocha, 2008).

O café, cujo faturamento corresponde 5% do PIB do agronegócio brasileiro, seria o maior prejudicado, em um cenário pessimista, pois ocasionaria prejuízos de R\$ 3 bilhões em 2070, em razões de deficiência hídrica ou por excesso térmico nas regiões tradicionais ao seu cultivo. (Assad *et al.*, 2008).

Novos cenários projetados a partir dos modelos climáticos prevêm que a temperatura deve se elevar ao longo de todo o ano e entre anos. A chuva deve se concentrar durante os meses de verão, acentuando e prolongando o período de seca no inverno. Espécies perenes teriam mais dificuldade de suportar o estresse por falta d'água durante o período mais seco do ano, sendo mais prejudicadas que as culturas anuais (Pellegrino, 2007). O aumento de apenas 1 °C de temperatura na cultura da maçã por exemplo, pode inviabilizar o seu cultivo em Fraiburgo, Santa Catarina (Francescato, 2007).

Os impactos das mudanças climáticas também podem afetar o cenário fitossanitário da agricultura, como aumento do número de ciclos de pragas e doenças. Estudos realizados por Hamada *et al.*, (2006), usando modelos de previsão para o bicho-mineiro (*Leucoptera coffeella*) do cafeeiro, considerado a principal praga do café e presente em todas as áreas produtoras do País, observou-se um aumento provável do número de ciclos de vida do bicho-mineiro no futuro. Este cenário pode resultar maior gasto com recursos e energia, contribuindo indiretamente com o agravamento do problema global. As MCG também poderão levar a expansão de doenças de plantas para regiões ainda não endêmicas. De acordo com Vale *et al.* (2008), uma consequência direta das MCG é a relação patógeno-hospedeiro, como resistência genética de plantas às doenças. Ainda de acordo com os autores, modificações fisiológicas sucessivas

podem alterar os mecanismos de resistências de cultivares obtidas tanto por métodos tradicionais como por engenharia genética.

Outro desafio a se considerar é a adaptação e redução da vulnerabilidade frente à projeção de aumento da frequência de eventos extremos, como ondas de calor, ondas de frio, geadas, tempestades, granizo, estiagens, patogenias, e outros fenômenos que, de forma espasmódica e rápida, podem provocar fortes prejuízos e perdas de safra agrícolas (Pellegrino, 2007).

2.7.1 Medidas de mitigação e adaptação na agricultura

Medidas emergenciais de mitigação e adaptação às mudanças climáticas são necessárias. Nelas devem ser implementados planos de ação de adaptação nacional para identificar prioridades nacionais, com vista, a preparação para tais mudanças.

Uma maior contribuição do setor público pode facilitar a adaptação através de medidas como seguro de colheita garantida e seguro pecuário, redes de apoio social e pesquisa (The World Bank, 2008). O manejo adequado das culturas, também é fundamental para o processo de adaptação as causas das MCG, uma vez que já são perdidas na produção de sementes cerca de 40% com o ataque de pragas e doenças (Abrasem, 2007), sem levar em consideração perdas por transporte, beneficiamento entre outros fatores. Para Vale et al. (2008), é necessário o esforço conjunto entre climatologistas e fitopatologistas. Esse esforço conjunto proporcionará resultados mais eficientes e duradouros, reduzindo a ameaça futura das doenças de plantas em termos mundiais. Cabe lembrar que as doenças podem reduzir a oferta de alimento para uma população mundial que cresce a todo instante.

Práticas alternativas podem contribuir com a minimização de GEE, por meio de práticas simples, sem gastos econômicos adicionais contribuindo com o equilíbrio planetário. Questões como a substituição de culturas, aumento de produtividade, novas tecnologias, expansão da fronteira agrícola, melhoria na distribuição de alimentos, biodiversidade e os próprios cenários e adaptações propostos precisam ter sua eficiência e sustentabilidade econômica, impactos sociais e sustentabilidade ambiental, analisados (Pellegrino, 2007).

Algumas medidas têm grande potencial de mitigação das mudanças climáticas como: usar quantidade adequada de fertilizante nitrogenado ou substituí-los de forma parcial ou total por plantas leguminosas. Esta deve ser uma prática adotada

especialmente por pequenos e médios produtores rurais com vistas a reduzir a dependência de fertilizantes sintéticos, através da adoção de sistemas de cultivo rotativo. Compostos agroquímicos tradicionais são importante, fonte, de emissão de GEE, pois são produzidos com matérias-primas não-renováveis. A produção de fertilizantes tem alto consumo de energia e adiciona uma quantidade considerável de CO₂ eq./ano, entre 300 e 600 milhões de toneladas, o que representa entre 0,6 e 1,2% do total mundial de emissões de GEE (Greenpeace, 2008a).

É necessário buscar métodos que aumentem o acúmulo e manutenção do carbono no sistema produtivo como: plantio direto, manutenção de cobertura vegetal do solo ao longo do ano, aumento substancial da incorporação de matéria orgânica, implantação de culturas mais eficientes na fixação do carbono e, a mais efetiva delas, a adoção de medidas eficazes para a redução das queimadas e desmatamentos de ecossistemas naturais (Pellegrino, 2007; Ortega & Takahashi, 2008).

Modelos alternativos, baseados na agricultura orgânica ou convencional limpa, permitem aumentar a sustentabilidade mediante redução de uso de fertilizantes químicos com utilização de recursos renováveis como: o esterco bovino e o uso de leguminosas, apresentando uma série de vantagens, além de ser uma prática saudável e de menor risco. Os subprodutos derivados da produção do biodiesel podem beneficiar a produção de alimentos, através de tortas e farelos, para alimentação animal, especialmente de animais de pequeno porte como frangos, e como fertilizantes naturais á exemplo da torta de pinhão manso. Contribuindo com maior oferta de alimento no caso específico do Brasil e com redução de GEE.

Com base em experiências passadas, o melhoramento genético de plantas, pode prover contribuições importantes à adaptação de plantas para o novo cenário das MCG nos próximos anos, sendo um fator decisivo na produção de alimentos e agroenergia (Ramalho et al., 2009). A produção de culturas resistentes à seca, à pragas, à doenças e à todos fatores bióticos e abióticos são importantes para minimizar os efeitos das MCG anunciadas pelo IPCC. Espera-se que as mudanças de clima intensifiquem o dano causado pelas tensões destes fatores (Vale et al., 2007; Ramalho et al., 2009). Os efeitos serão mais acentuados nas regiões tropicais e subtropicais. Todavia, estudos com aplicação de novas e antigas tecnologias estão sendo realizado, simultaneamente no mundo, com vista a obter espécies vegetais mais resistentes a tais fatores, utilizando especialmente o melhoramento convencional ou não. O investimento na obtenção de novas cultivares selecionadas nas condições de estresse, certamente é a melhor

estratégia para a agricultura enfrentar as alterações devido as mudanças climáticas (Ramalho, et al., 2009).

Estudos realizados por Ridgwell et al. (2009), enfatizam que, plantas que refletem mais luz (albedo maior) ajudam a combater o aquecimento global, especialmente aquelas agricultáveis, a exemplo do milho. De acordo com os pesquisadores, a iniciativa poderia esfriar em 1 °C a temperatura média do verão na América do Norte, na Europa e na Ásia.

Entre as práticas que reduzem os GEE, a integração lavoura-pecuária é fato comprovado. O uso de plantas agroenergética, como as oleaginosas arbóreas em sistemas silvipastoris, em consórcio com a pecuária leiteira (óleo x leite ou óleo x carne) ou ainda em consórcio com pastagem x pinhão manso x macaúba, além de ser potencializadora na agregação de renda e emprego na atividade agropecuária (Dias et al., 2007), contribui para redução do GEE, pelo aproveitamento de áreas degradadas e por serem potencialmente sequestradoras de CO₂. Deve-se considerar também o fato de que alguns cultivos energéticos não tradicionais são adaptados a áreas marginais (Dias et al., 2007). Para os autores, é preciso que a sociedade aposte na pesquisa, pois somente ela, de forma organizada e racional, será capaz de propiciar as bases para o cultivo e exploração econômica deste tipo de consórcio.

Outra medida associada à redução de emissões que não é, porém uma alteração no sistema produtivo, mas para a qual ele é fonte de matéria-prima, é o uso de agrocombustíveis e alternativas energéticas, em substituição à queima de combustíveis fósseis (Pellegrino, 2007).

O Brasil apresenta um grande potencial energético e sua agricultura tem papel fundamental nesse processo. A agroenergia tem se destacado como alternativa na resolução de problemas da sustentabilidade pelo fornecimento de combustíveis renováveis, de menor impacto negativo, contribuindo de forma significativa para a redução dos GEE. O País dispõe de diversas alternativas para a expansão da oferta de energia, livres de emissões de CO₂. Dentre elas, se incluem aquelas provenientes da biomassa, como: o etanol, o biodiesel, o uso de óleos vegetais na produção do diesel o chamado H-bio, e a geração de energia elétrica a partir do bagaço de cana-de-açúcar.

A utilização de agrocombustíveis surge como uma excelente alternativa a ser adotada, diante do desafio de redução de emissões com vistas ao controle do aquecimento global.

Os cenários elaborados apontam que a redução de emissões de CO₂ pelo uso de biodiesel produzido a partir da agricultura familiar pode atingir de 10% a 29% das

emissões associadas ao uso do petrodiesel demandado no Nordeste em 2015 (Monteiro, 2007).

A produção de agrocombustível deve ser calcada em uma produção sustentável e com respeito ao meio ambiente. Em Lausanne, na Suíça, já foi elaborada a primeira minuta com os critérios e os padrões internacionais que deverão ser seguidos para a produção sustentável de agrocombustível, tais critérios incluem: a preservação das florestas, manter o equilíbrio de forma a não contribuir com as mudanças do clima e a escassez de alimentos no mundo.

Em 2004, o governo brasileiro, lançou o PNPB, visando à implementação de políticas públicas ao processo de produção e uso de agrocombustíveis (Cardernos Nae, 2004). Está regulamentada pela Lei 11.097/05, a adição obrigatória de um percentual de 2%, alterada em julho para 3% em 2008 e 5% a partir de 2013 de forma a tornar mais uma fonte alternativa para diversificação da matriz energética brasileira.

A implementação do Plano Nacional de Agroenergia (2006-2011) vem fortalecer a matriz energética, incentivando o cultivo de plantas oleaginosas. De forma a difundir a agroenergia e tornar competitivo o agronegócio brasileiro, além de dar suporte a determinadas políticas públicas, como a inclusão social (geração de emprego e renda), pela inserção de agricultor na cadeia produtiva do biodiesel, e pela regionalização do desenvolvimento e a sustentabilidade ambiental.

Os benefícios decorrentes da inserção dos agricultores familiares na cadeia produtiva do biodiesel refletem-se na oportunidade de diversificar e organizar o processo produtivo, gerar renda e emprego, sendo uma alternativa para a melhoria da capacidade de adaptação dessa população (Monteiro, 2007). Adicionalmente, contribui para as reduções de GEE e promoção do desenvolvimento sustentável.

Políticas públicas devem estimular e apoiar essas mudanças adaptativas e a mitigação, de forma a favorecer a transferência de tecnologias limpas e a obtenção de créditos de carbono. Esperam-se contribuições no âmbito da CQNUMC, com maior participação mediante a adesão ao protocolo de Quioto, seja através de créditos de carbono ou por benefícios do MDL.

Portanto, existem grandes oportunidades na abertura de fronteiras do País pela possibilidade de exportação de etanol e de biodiesel para os países desenvolvidos, com objetivo de reduzir internamente suas emissões de poluentes e contribuir com esforço global de combate à mudança do clima. Há um cenário favorável de aporte de recursos e tecnologias por parte dos países desenvolvidos que irão propiciar benefícios ambientais e mais qualidade de vida de forma global.

Diante do exposto, percebe-se que o Brasil apresenta um grande potencial ao desenvolvimento sócio-econômico, por ser possuidor de enormes reservas naturais, ricas em biodiversidade, matrizes calcadas em fontes renováveis, grande extensão de área e grande potencial energético, se destacando o biocombustível e recentemente como um dos dez maiores países detentores de reserva petrolífera, quando adicionadas às bacias da camada do Pré-sal.

2.8 Panorama energético e sua interface com as Mudanças Climáticas Globais

A energia apresenta um papel fundamental na vida humana, sendo um dos pilares básicos da infra-estrutura para o desenvolvimento de um País. O mundo depende do consumo energético e nele se encontra grande parte da solução em reduzir as emissões de GEE lançadas na atmosfera terrestre (Rudge, 2004).

O setor energético produz impactos ambientais em toda a cadeia de desenvolvimento, desde a captura de recursos naturais básicos para seus processos de produção, até o uso final pelo consumidor (Silveira et al., 2004). Recentemente, a produção de energia vem despertando caráter de urgência, principalmente após a divulgação do relatório do IPCC sobre os efeitos adversos do aquecimento global.

O desenvolvimento econômico, após o processo de industrialização, exigiu maior demanda de energia primária e, conseqüentemente, refletiu no aumento do consumo de energia pelos setores da economia, esta acompanhada em contrapartida pelas emissões de GEE. A energia primária é conceituada como aquela que advém da natureza. Ela é representada pelos produtos energéticos, na sua forma direta, como o petróleo, o gás natural, o carvão mineral, a biomassa, energia hidráulica, energia solar entre outras. A maior parcela da energia primária é consumida nos centros de transformação, a exemplo das refinarias de petróleo e usinas hidrelétricas. Ela é convertida em fontes de energia secundária, como: óleo diesel, gasolina, eletricidade e outras. Dentro de cada processo há perdas significativas. Essa energia, também pode ser consumida na sua forma direta ou final, na forma de lenha para cocção de alimentos e outros processos diretos. Convém ressaltar, todavia, que em média apenas 30% da energia gerada é transformada em energia útil e aproveitada, enquanto a maior parte é perdida. Energia final é aquela recebida pelo usuário nos diferentes setores, ou seja, já transformada, mas ainda sujeita a perdas.

Dentre as energias primárias, a queima de combustíveis fósseis à base de carbono, como carvão mineral e petróleo, têm contribuído seguramente com a poluição ambiental global. No caso, trata-se de fontes não renováveis, sendo a base da matriz energética dos países desenvolvidos, principalmente por serem grandes consumidores de tais fontes.

O uso do petróleo e seus derivados têm contribuído de forma significativa com emissões de carbono para atmosfera, se intensificando com o crescente desenvolvimento dos setores da economia mundial.

Segundo a Agência Internacional de Energia (IEA), as emissões de CO₂ crescerão em 52% até 2050 numa escala mundial, se mantidas as tendências atuais do consumo de petróleo. Estas emissões representarão o aumento de 5,5 bilhões de toneladas equivalentes de petróleo, ou seja, um incremento de 50% de emissões de GEE, comparado às emissões atuais. Segundo Walter (2007), o aumento das emissões de GEE pode ser explicado pelo crescimento populacional, pela maior renda *per capita*, pelo maior crescimento do PIB e pela evolução da intensidade energética. Ainda, de acordo com IEA, a tendência no crescimento do consumo do petróleo deve continuar na próxima década. Isto é, passando dos atuais 84 milhões de barris diários para 99 milhões em 2015.

Os países desenvolvidos são os principais responsáveis pelas emissões de GEE, causadores do aquecimento global. A demanda energética é crescente, inerente ao processo de desenvolvimento de um País. No entanto, o aumento do uso de energia, em especial, aquelas oriundas de fontes não renováveis, está estritamente ligado as MCG, por contribuir com elevadas taxas de emissões de poluentes para atmosfera, especialmente o CO₂ (Figura 4).

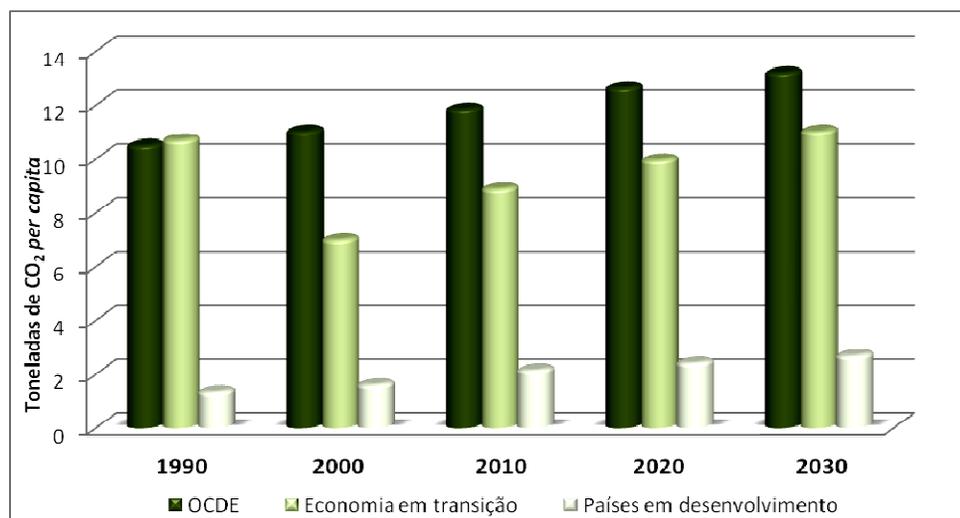


Figura 4. Projeções da emissão de CO₂ *per capita* dos grupos econômicos.

Fonte: Shokz et al. (2008).

A longo prazo, o nível de crescimento da economia mundial e a estrutura de expansão do consumo de energia exercerá um papel fundamental na evolução futura das emissões de CO₂. De acordo (Brasil/MME, 2008), a previsão de emissões de CO₂ pode chegar a 46,7 bilhões de toneladas em 2030, com crescimento anual médio de 2,3% no período de 2003 a 2030. Este fato é confirmado pela Agência Internacional de Energia (IEA, 2006), que aponta o aumento das taxas de emissões de CO₂ associado à maior demanda de energia mundial. Segundo Shokz et al. (2008), mais de 60% das emissões de GEE são provenientes da energia, deste 32% são proveniente da agricultura e sivilicultura e decorrentes do uso de combustíveis fósseis.

Neste contexto, as energias renováveis ou sustentáveis devem ser consideradas, embora, não tenha a capacidade de substituir completamente o atual perfil de oferta existente (Scholz et al., 2008). As energias renováveis são aquelas originadas de fontes hidráulicas, eólica, solar, e também originadas da biomassa. Há ainda aquelas provenientes de tecnologias que aumentam a eficiência energética. É notório que, para atingir o desenvolvimento sustentável é necessário o uso de fontes renováveis, associado a maior eficiência energética em todos os setores da economia. Atenção especial deve ser dada ao setor agrícola. Eficiência energética é um conceito que ganha importância cada vez maior e é definida como a manutenção do mesmo tipo e nível de serviços adquiridos a partir de uma quantidade menor de energia (Mendonça et al., 2000).

De acordo com relatório divulgado pelo PNUMA, os investimentos em energias renováveis e nas indústrias de produção de eficiência energética bateram novo recorde em 2007, sendo direcionados, cerca de US\$ 148 bilhões no novo fundo global voltado ao setor de energia sustentável. Os investimentos em agrocombustíveis neste período foram de US\$ 2,1 bilhões, sendo este um terço menor do que o ano anterior, em razão da alta das matérias-primas e dos baixos preços do etanol (Greenpeace, 2008b).

2.8.1 Setor energético brasileiro: riscos e potencialidades

Atualmente o Brasil é considerado o maior mercado mundial de energia renovável, devido à estabilização de suas indústrias hidrelétricas e de bioetanol (PNUMA, 2008). A MEB é baseada em duas fontes renováveis principais: a

hidroeletricidade, dado ao seu potencial hidráulico, e a biomassa, com extensas áreas para a agricultura, aliados à abundância de água e condições climáticas favoráveis (Rudge, 2005). Em 2007, estas fontes foram responsáveis por 80% da oferta interna de energia elétrica do País (Brasil/MME, 2008).

A Matriz Energética Brasileira (MEB) apresenta reduzidos índices de emissão de CO₂, proveniente do setor energético, se comparada ao resto do mundo (Brasil/MME, 2008), o que coloca o País em um patamar favorável perante os setores econômicos mundiais. O Brasil tem cumprido suas obrigações imputadas pela CQNUMC, dentre elas, o inventário nacional dos GEE, gerados por atividades agrícolas, industriais e urbanas, e também dos sumidouros desses gases, visando à estabilização das suas concentrações.

As emissões de CO₂ no Brasil no período de 1985 a 2001 foram crescentes. Porém, no período de 2003 a 2005 as emissões se mantiveram estáveis (Figura 5).

Conforme o primeiro Inventário nacional de GEE, realizado no período de 1994 a 2005, os GEE tiveram um incremento anual de 3,4%. As emissões do setor de geração de energia passaram de 7,6 milhões de toneladas de carbono, em 1994, para 15,2 milhões, em 2005, isto é um incremento de 50% neste período.

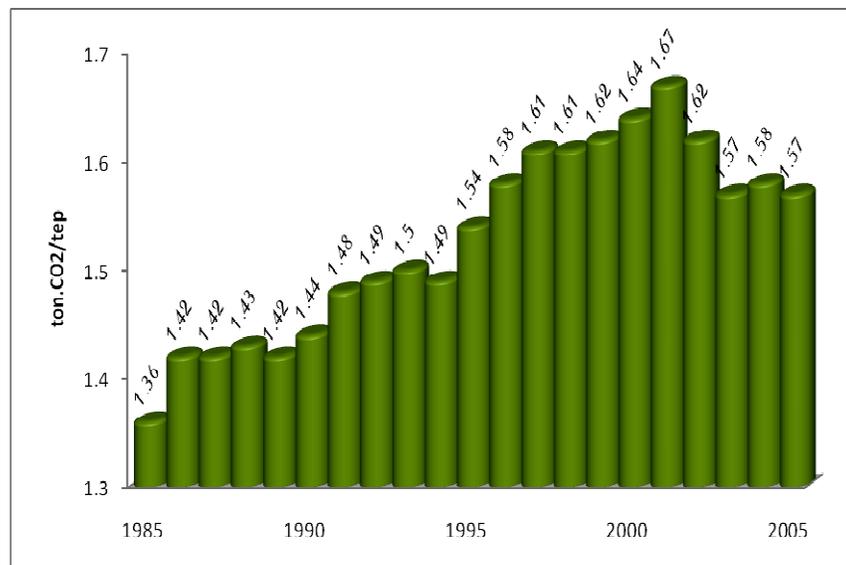


Figura 5. Emissões de CO₂ no Brasil, no período de 1985 a 2005.
Fonte: Adaptado de Brasil/MME Balanço Energético Nacional (2008).

Em 2005, as emissões de CO₂ decorrentes da produção e do uso da energia no Brasil mantiveram-se em níveis abaixo 1,57 t CO₂/tep, valor inferior comparado às

emissões produzidas pelo mundo (2,37 t CO₂/tep) e pela OCDE (2,33 t CO₂/tep), respectivamente (Brasil/MME, 2008).

Segundo o Balanço Energético Nacional (BEN) o maior consumo energético em 2007 foi proveniente dos seguintes setores: industrial, transporte, residencial e o agropecuário. Nestes setores, o consumo energético final foi proveniente de três fontes principais: eletricidade, óleo diesel e cana-de-açúcar (Figura 6).

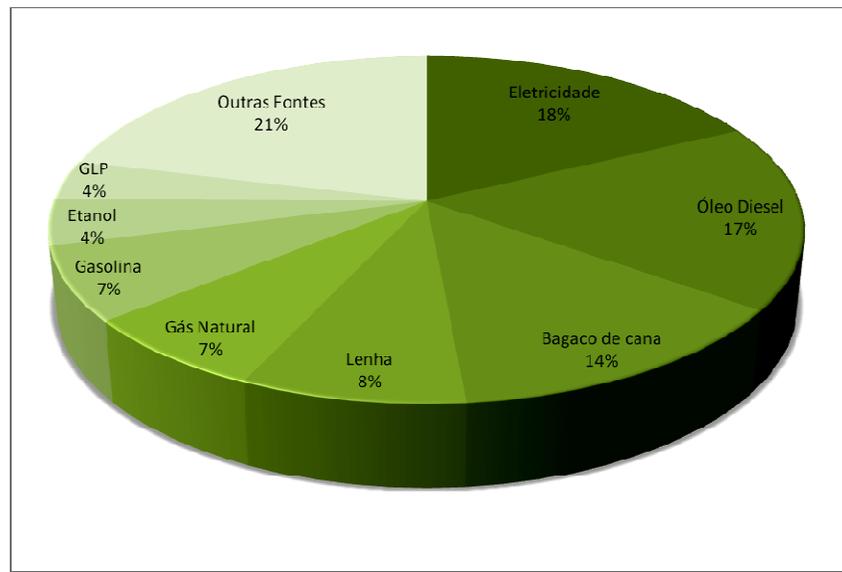


Figura 6. Consumo Final Energético, por fonte.
Fonte: Adaptado do BEN, 2008

O crescimento econômico é indissociável da demanda energética. A Oferta Interna de energia (OIE) no Brasil aumentou 5,9%, taxa levemente superior ao Produto Interno Bruto (PIB), que foi de 5,4% em 2007 (Brasil/MME, 2008). A OIE é definida como a quantidade de energia que se disponibiliza para ser transformada ou para consumo final, incluindo perdas posteriores na distribuição. Em 2007, a OIE brasileira alcançou 239,4 milhões de tep. Destes, 128,3 milhões de tep correspondem a energias não renováveis, enquanto 111,0 milhões são originadas de energias renováveis.

O consumo final de energia cresceu em todos os setores econômicos, em especial na indústria, nos transportes, na agropecuária e no setor comercial. As taxas de crescimento nestes setores foram superior a 6% (Brasil/MME, 2008). Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), o valor consumido em 2005 foi em torno de 1,7 milhões de barris/dia.

Estudos mais recentes destacam a viabilidade técnico-econômica da utilização de combustíveis líquidos derivados de biomassa agrícola, com destaque para o etanol e o biodiesel. Estes são considerados como alternativas promissoras para a consumo

complementar aos petroderivados, com crescente e expressiva participação na matriz energética mundial (Dias et al., 2007), principalmente nos setores agropecuário e de transportes. Este cenário assegura grande oportunidade para o setor agrícola, com tendência de ampliação do parque industrial e desenvolvimento sustentável das economias local, nacional e planetária.

A cana-de-açúcar atualmente é considerada a segunda fonte de energia mais importante na MEB, posicionada atrás somente do petróleo. De acordo com o BEN, a produção do etanol teve um crescimento de 34,7% no ano de 2007, ou seja, 22 bilhões de litros em 2007, dos quais 3,5 bilhões foram exportados (Greenpeace, 2008b). A cana também apresenta um grande potencial para co-geração de energia elétrica do bagaço de cana-de-açúcar, podendo gerar 15% da eletricidade brasileira em 2020.

O biodiesel, dependendo do cenário, surge com participação de 1,5% a 4,0% na MEB (Brasil/MME 2007). Nesse contexto, o biodiesel se destaca como um agrocombustível limpo, renovável e confiável, capaz de fortalecer a economia do País pela abertura de novos postos de trabalho, além de agregar grande valor às espécies oleaginosas, descortinando novos e amplos mercados para essas culturas (Dias et al., 2007). No entanto, o tema será abordado de forma mais ampla no capítulo II.

Segundo o BEN, a energia renovável da MEB em 2007 foi de 46,4%, um aumento de 5,4% comparado a 2006 (Figura 7). Preservando desta forma, a condição de matriz limpa, quando comparada a matriz mundial.

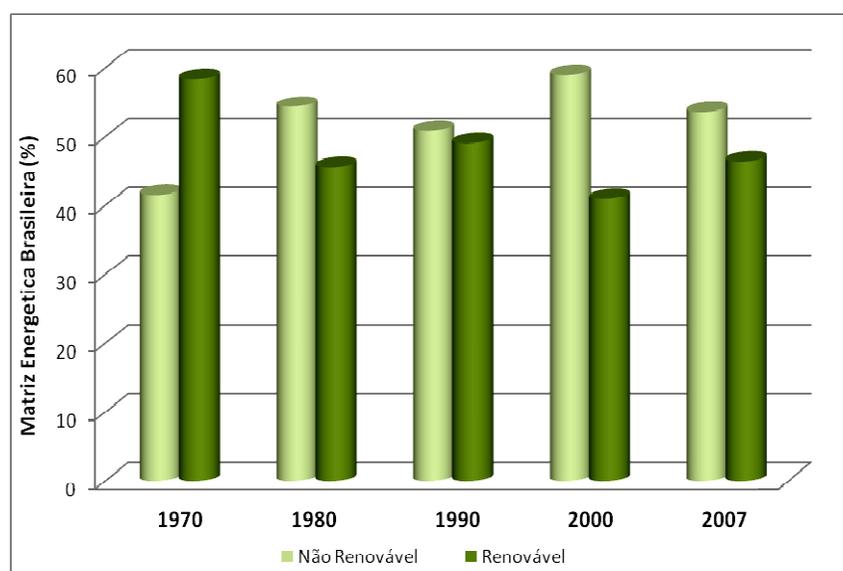


Figura 7. Evolução energética por fontes renovável e não renovável

Fonte: Adaptado de Brasil/MME, 2008

O Brasil possui também grande potencial de geração de energia nuclear. Segundo o secretário-executivo do Ministério de Minas e Energia (MME), Márcio Zimmerman, nos próximos 50 anos devem ser produzidos 60 mil MW de energia, com vista ao desenvolvimento do País (ABEN, 2008). Em 2007, o País foi responsável por 0,46% da geração de energia nuclear no mundo, e, atualmente o Brasil, responde por 2,8% de sua geração total de energia elétrica, proveniente desta fonte (Eletronuclear, 2008). Ainda que considerada uma energia limpa e controlável, enfrenta forte resistência da sociedade que a conecta com a possibilidade da bomba atômica, do vazamento de radiatividade e com a falta de definição quanto à estocagem de lixo atômico (Dias et al, 2009). Todavia, esta fonte é largamente empregada em 31 países, os quais representam 2/3 da população mundial. Em 2008, os reatores nucleares foram responsáveis por 15% da produção de energia elétrica no mundo, o que coloca a energia nuclear como a terceira maior fonte, atrás do carvão e do gás natural (ABEN, 2008).

Entretanto, são necessários esforços na direção da maior eficiência energética e da conservação de energia, como forma de redução de consumo e mitigação dos efeitos negativos deste processo, evitando geração adicional de GEE (Brasil/MME, 2007).

Segundo Walter (2007), reduções significativas das emissões de GEE associadas ao uso da energia, sem sacrifício da qualidade de vida da população mundial, irão requerer um grande esforço para a diversificação da matriz energética e para a mudança de padrões de consumo. Neste contexto, é imperativo a necessidade da diversificação das matrizes energéticas a médio prazo, pela adoção de energias mais “limpas”, menos poluentes, bem como economia e controle do consumo energético. Segundo o IPCC (2007), são necessários ainda, opções de mitigação das emissões de GEE, a favor da maior eficiência energética no suprimento de energia, nos transportes, nas indústrias e na agricultura, além de proporcionar o aumento da segurança energética nacional.

A maior eficiência energética, aliada a novas fontes renováveis de energia, especialmente as provenientes da biomassa, de maneira especial o etanol e o biodiesel, reduzem a pressão sobre os ecossistemas naturais e agem como uma alternativa para a redução das emissões de GEE. Ambas contribuem para gerar uma nova economia de mercado, pela geração de energia rápida, barata e democrática, sobretudo. Por isso, devem ter papel mais relevante na política energética dos países como suporte principalmente aos mais pobres e potenciais.

Contudo, é importante ressaltar que os usos de fontes energéticas alternativas devem ser balizados por estudos técnicos aprofundados, observando as particularidades locais, custos de produção em toda cadeia energética, respeitados os princípios do desenvolvimento sustentável e qualidade de vida da população. O Brasil, com suas vantagens comparativas energéticas, edafoclimáticas, biodiversidade e grande extensão territorial, tem todas as possibilidades de se manter na liderança deste novo setor energético renovável.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEN. Associação Brasileira de Energia Nuclear. **MME diz que plano de expansão nuclear em 50 anos visa ter alternativas hídricas após 2030**. Disponível em: <<http://www.aben.com.br/html/noticias.php?page=2&rows=15&show=170>>. Acesso em: 25 ago. 2008.

ABRASEM – Associação Brasileira de Sementes e Mudanças. **O desafio do agronegócio brasileiro: Incorporar as inovações científicas e tecnológicas, disponíveis no Brasil e no exterior**. Brasília, DF. 2007. 37p. (Informativo Técnico)

ABREU, P.M. de. 2008. **Créditos de Carbono: um mercado novo e promissor**. Disponível em: <<http://www.dominiojuridico.com.br/artigos>>. Acesso em: 15 de abr. 2009.

ADGER, W.N.; HUQ, S.; BROWN, K.; CONWAY, D.; HULME, M. Adaptation to climate change in the developing world. In: **Progress in development studies**. 2003. p. 179-195.

AGEEGE, S.; DAMÉ, L.; ALENCASTRO, C. **Imazon: Desmatamento na Amazônia Legal cai 82%**. 2009. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/pais/mat/2009/01/22/imazon-desmatamento-na-amazonia-legal-cai-82-754102973.asp>>. Acesso em: 20 de mar. 2009.

ALENCAR, A.; NEPSTAD, N.; MCGRATH, D.; MOUTINHO, P.; PACHECO, P.; DIAZ, M. D. C. V.; FILHO, B. S. **Desmatamento na Amazônia: indo além da emergência crônica**. Manaus: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (Ipam), 2004. 89 p.

ALLEY, R. et al. Intergovernmental Panel on Climate Change: **Climate Change 2007: The physical science basis: Summary for Policymakers**. 2007. Cambridge, 21p. Disponível em: <http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/docs/WG1AR4_SPM_PlenaryApproved.pdf>. Acesso em: 20 jul 2008.

AMARAL, S.P. **Sustentabilidade ambiental, social e econômica nas empresas: como entender, medir e relatar**. 2.ed. São Paulo: Ed.Tocalino, 2005. 126 p.

AQUINO, Y. **Governo está concluindo estudos sobre programa de troca de geladeiras**. 2009. Disponível em: <<http://www.agenciabrasil.gov.br/noticias/2009/04/22/materia.2009-04-22.3879817459/view>>. Acesso em: 2 maio 2009.

ASSAD, E. D. ; PINTO, H.S. ; ZULLO-JÚNIOR, J.; EVANGELISTA S. R. de M.; OTAVIAN, A.F.; ÁVILA, A.M. H.; EVANGELISTA, B.A.; MARIN, F.R.; MACEDO JR., C.; PELLEGRINO, G.Q.; COLTRI, P.P.; CORAL, G. **Aquecimento global e a**

nova geografia da produção agrícola no Brasil. 1. ed. Brasília: Embaixada Britânica, 2008. v. 1. 82 p.

ASSAD, E.D.; PINTO, H.S.; ZULLO JR., F.L. In: II Conferência Regional Sobre Mudanças Climáticas Globais, 2006. Disponível em: <<http://www.acquaviva.com.br/mudglobais.com.br>>. Acesso em: 12 ago. 2008.

ASSAD, E.D.; PINTO, H.S.; ZULLO JR., J.; MARIN, F.; PELEGRINI, G. Mudanças climáticas e a agricultura brasileira: avaliação dos possíveis impactos. In: FERNANDES, E. N.; PACUILLO, D.S.; CASTRO, C. R.T.; MULLER, M.D.; ARCURI, P.B.; CARNEIRO, J.C. **Sistemas agrossilvipastoris da América do Sul: desafios e potencialidades.** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2007. p.219-243.

BERTUCCI, A.C. **O Protocolo de Kyoto e o mercado de crédito de carbono.** Apostila CMA Educacional. Curitiba, 2006.

BATTISTI, D.S.; NAYLOR, R.L. Historical Warnings of Future Food Insecurity with Unprecedented Seasonal Heat. **Science**, v. 323, n. 5911, p. 240 – 244, 2009.

BESSA, F.; MORENO, V. **Plataforma de mudanças climáticas tem comitê gestor.** Disponível em: <<http://www.cnpma.embrapa.br/nova/mostra2.php3?id=408>>. Acesso em: 7 ago. 2008.

BLAIKIE, P. et al. At risk. **Natural hazards, peoples vulnerability and disasters.** London: Routledge, 1994. 284 p.

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. Biocombustíveis e mudança de clima. In: **Conferência Internacional sobre Biocombustíveis.** Disponível em: <[http://www.biofuels2008.com/CMS/uploads/publicacoes/08.11.16-17.49.18-documento-de-referencia\[1\].pdf](http://www.biofuels2008.com/CMS/uploads/publicacoes/08.11.16-17.49.18-documento-de-referencia[1].pdf)> Acesso em: 16 nov. 2008.

BRASIL - Empresa de Pesquisa Energética (EPE). **Balanco energético nacional 2008:** Ano base 2007: Resultados preliminares. Rio de Janeiro: EPE, 2008. 44p.

BRASIL - Empresa de Pesquisa Energética (EPE). **Balanco energético nacional 2009:** Ano base 2008: Resultados preliminares. Rio de Janeiro: EPE, 2009. 48p.

BRASIL - Ministério de Minas e Energia (MME). **Plano Nacional de Energia 2030.** Brasília, MME: EPE, 2007, p. 324.

BVRV- 2009. Disponível em: <<http://www.bvrj.com.br/mbre/mecanismo/mecanismo.asp>> Acesso em 19 de mar. 2009

CALSING, R.A. O Protocolo de Quioto e o direito ao desenvolvimento sustentável. **Revista Jurídica**, Brasília, v. 6, n. 71, 2005.

CECÍLIO, R.A.; SILVA, K.R.; JESUS JUNIOR, W.C.; PEZZOPANE, J.E.M.; VALE, F.X.R. A polêmica do aquecimento global antrópico e natural. In: POLANCZYK, R.A.; CECÍLIO, R.A.; MATTA, F.P.; SOARES, T.C.B.; PEZZOPANE, J.E.M.; CAMPANHARO, W.A.; OLIVEIRA, M.C.C. **Estudos avançados em produção vegetal.** Ed. Alegre. 2008. v. 1, p. 137-152.

COLLICCHIO, E. **Zoneamento edafoclimático e ambiental para a cana-de-açúcar e as implicações das mudanças climáticas no Estado do Tocantins**. 157 f. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada). Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz. São Paulo, 2008.

CONFALONIERI, U.E.C.; MARINHO, D.P. Mudança climática global e saúde: Perspectivas para o Brasil. **Revista Multiciência**, Campinas, Ed. 8, p. 48 -64, 2007.

COUTO, T. A política ambiental internacional: uma introdução. **Revista Cena Internacional**, Ano 6, n.1, p. 4-12, 2004. Disponível em: <<http://mundorama.net/2007/08/21/revista-cena-internacional-vol-6-no-1-2004/>> Acesso em: 15 ago. 2007.

DIAS, L.A.S.; MISSIO, R.F.; RIBEIRO, R.M.; FREITAS, R. G.; DIAS, P. F.S. Agrocombustíveis: perspectivas futuras. **Revista Bahia Análise & Dados**. Salvador, BA, v. 18, n.4, p. 539-548, 2009.

DIAS, L.A.S.; MULLER, M.D.; FERNANDES, E. N. Potencial do uso de oleaginosas arbóreas em sistemas silvipastoris. In: FERNANDES, E. N.; PACUILLO, D.S.; CASTRO, C.R.T.; MILLER, M.D.; ARCUR, P.B.; CARNEIRO, J.C. **Sistemas agrossilvipastoris na América do Sul: desafios e potencialidades**. Juiz de Fora, MG. 2007. p. 284-314.

DUARTE, L.C.B. A política ambiental internacional: uma introdução. **Revista Cena Internacional**, ano 6, n. 1, p.4-12, 2004.

ELETRONUCLEAR. **Panorama da energia nuclear no mundo**. Disponível em: <<http://www.eletronuclear.gov.br/downloads/41/307.pdf>> Acesso: 19 nov. 2008.

FÓRUM BRASILEIRO. **Proposta do Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas para o Plano de Ação Nacional de Enfretamento das Mudanças Climáticas**. 2007. Disponível em: [http://www.forumclima.org.br/arquivos/proposta%20do%20FBMC%20para%20o%20Plano%20de%20A%C3%A7%C3%A3o%20Nacional...\(3\).pdf](http://www.forumclima.org.br/arquivos/proposta%20do%20FBMC%20para%20o%20Plano%20de%20A%C3%A7%C3%A3o%20Nacional...(3).pdf). Acesso em: 20 jul. 2009.

FRANCESCATTO, G. **Análise emergética de três sistemas de produção de maçã de Fraiburgo**. 2007. 94 f. Monografia. Universidade do Contestado, Caçador, Santa Catarina.

GLOBO – G1. **Chega a 122 número de mortos pela chuva em Santa Catarina**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/Noticias/Brasil/0,,MUL913719-5598,00.html>>. Acesso em: 6 dez 2008.

GREENPEACE. Mudanças do clima, mudanças no campo: Impactos climáticos da agricultura e potencial de mitigação. Brasil, 2008a, 8 p. Disponível em: <<http://www.greenpeace.org/raw/content/brasil/documentos/clima/briefing-do-relat-rio-mudan-as.pdf>>. Acesso em: 15 Out. 2008.

GREENPEACE. **Relatório Pnuma: Tendências globais de investimentos em energias sustentáveis 2008**. 2008b. Disponível em: <<http://www.greenpeace.org/raw/content/brasil/documentos/energia/tend-ncias-globais-de-investim.pdf>> Acesso em: 12 set. 2008.

HAMADA, E.; GHINI, R.; GONÇALVES, R.R.V.do. Efeito da mudança climática sobre problemas fitossanitários de plantas: Metodologia de elaboração de mapas. **Engenharia Ambiental**. Espírito Santo do Pinhal, v.3, n. 2, p. 73-85, 2006.

IEA – International Energy Agency. **World Energy outlook**. Paris, 2006. 601p. Disponível em: <<http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2006/weo2006.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2008.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001. **Climate Change 2001: The scientific basis**. In: HOUGHTON, J. T.; DING, Y.; GRIGGS, D. J.; NOGUER, M.; VAN DER LINDEN, P. J.; DAI, X.; MASKELL, K.; JOHNSON, C.A. (Eds.). Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 881 p.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007. “Climate Change 2007”. Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability. Working Group II.AR4: Summary for Policymakers. Disponível em: <<http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2007gl/index.htm>>. Acesso em: 24 ago. 2008.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **16 years of scientific assessment in support of the climate convention**. WMO – World Meteorological Organization, 2004. 13 p.

LUCENA, E.; ALMEIDA, E. Como enfrentar as mudanças climáticas? **Jornal do Senado**, 5 jun. 2008. Disponível em: <<http://www.senado.gov.br/jornal>>. Acesso: 12 jul. 2008.

MARENCO, J.A. **Mudanças climáticas e seus efeitos sobre a biodiversidade**: Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do Século XXI. Brasília: MMA, 2006. 201p. (Série Biodiversidade, n.26)

MARENCO, J.A.; VALVERDE, M.C. Caracterização do clima no Século XX e cenário de mudanças de clima para o Brasil no Século XXI usando os modelos do IPCC-AR4. **Revista Multiciência**, Campinas, p. 5- 28, 2007. Séries Mudanças climáticas. Ed. 8

MAROUN, M.R. **Adaptação às mudanças climáticas: uma proposta de documento de concepção de projeto (DCP) no âmbito do mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL)**. 222 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

MÁXIMO, W. **Derrubadas de árvores geram 75% das emissões de gás carbônico no Brasil**. AGÊNCIA BRASIL. Brasília, 29 jun. 2007. Disponível em: <<http://www.agenciabrasil.gov.br/noticias/2007/06/29/materia.2007-06-29.5849511504/view>>. 2007. Acesso em 03 set. 2008.

MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia. Status atual das atividades de projeto no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) no Brasil e no mundo. 2009. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0205/205080.pdf> Acesso: 20 maio 2009.

MCT – Ministério de Ciência e Tecnologia. Pesquisa e Desenvolvimento para Adaptação às Mudanças Climáticas Globais. 2007. Disponível em: <sigfs.ibict.br/propostas2007/propostas/pp0269.doc>. Acesso: 03 de ago. 2008.

MCT – Ministério de Ciência e Tecnologia. **Protocolo de Quioto: A convenção sobre mudança do clima.** Brasília, 2006. 29p. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0012/12425.pdf>. Acesso em: 12 Ago. 2008.

MELKERT, A. Protocolo de Montreal é marco ambiental. 2007. Disponível em: http://www.pnud.org.br/meio_ambiente/reportagens/index.php?id01=2771&lay=mam. Acesso em: 25 jul. 2009.

MENDES, D. Minc anuncia primeira fábrica brasileira para neutralizar CFC de geladeiras. 2008. Disponível em: <<http://noticias.ambientebrasil.com.br/noticia/?id=40787>>. Acesso em: 19 jul. 2009.

MENDONÇA, M.J.C.; GUTIEREZ, M.B.S. **O efeito estufa e o setor energético brasileiro.** Rio de Janeiro. 2000. 30 p. Disponível em: Acesso em: 20 jan. 2009.

MONTEIRO, J.M.G. **Plantio de oleaginosas por agricultores familiares do semiárido nordestino para produção de biodiesel como uma estratégia de mitigação e adaptação às mudanças climáticas.** 315 f. Tese (Doutorado em Ciências em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

MONZONI, Mário. **Mudança climática – tomando posições.** São Paulo: Friends of the Earth -amigos da Terra-Programa Amazônia, 2000.

MULLER, F.B. 2008. Mercado global de carbono alcança 38 bilhões de euros. Disponível em: <<http://mercadoetico.terra.com.br/arquivo/mercado-global-de-carbono-alcanca-38-bilhoes-de-euros/>>. Acesso em: 15 abr. 2009.

NAE – Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. Biocombustíveis. Brasília: NAE/Secretaria de Comunicação de Governo e Gestão Estratégica, 2004 (Cadernos NAE nº 2) 233p. Disponível em:<http://www.biodiesel.gov.br/Documentos.html>. Acesso em: 22 set. 2007.

OBSERVATÓRIO do clima, 2008. Conferência das Partes (COP). Disponível em: <<http://www.oc.org.br/index.cfm?fuseaction=conteudo&idSecao=107>>. Acesso em: 02 set. 2008.

ORTEGA, E.; TAKAHASHI, F. Aquecimento global é o novo desafio para a agricultura. **Agrianual.** São Paulo: FNP, 2008. p. 14-18.

PEARCE, F. O aquecimento global. **Série Mais Ciência.** 2 ed. São Paulo, 2002. 72p.

PELLEGRINO, G.Q.; ASSAD, E. D.; MARIN, F.R. Mudanças Climáticas Globais e a Agricultura no Brasil. **Revista Multiciência.** Campinas. Séries Mudanças climáticas. Ed. n. 8, p.139-162, 2007.

PEREIRA, A. S. **Do fundo ao mecanismo: gênese, características e perspectivas para o mecanismo de desenvolvimento limpo; ao encontro ou de encontro à**

equidade? 202 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

PEREIRA, A.S.; MAY, P.H. **Economia do meio ambiente: teoria e prática.** Economia do aquecimento global. Rio de Janeiro, 2003. p. 219-270.

PNA – Plano Nacional de Agroenergia 2006-2011 / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Produção e Agroenergia. 2. ed. rev. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 110 p.

RAMALHO, M.A.P; SILVA, G.S.; DIAS, L.A.S. Genetic plant improvement and climate changes. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 9, n. 2, p. 189-195, 2009.

RIDGWELL, A.; SINGARAYER, J.S.; HETHERINGTON, A.M.; VALDES, P. J. Tackling regional climate change by leaf albedo bio-geoengineering. **Current Biology**, v. 19, p.1-5, 2009. Disponível em: <<http://download.cell.com/current-biology/pdf/PIIS0960982209011142.pdf?intermediate=true>>. Acesso em: 25 jul. 2009.

ROCHA, M.T. Muda o clima, muda a agricultura. **Agrianual**. São Paulo: FNP, 2008. p. 11-13.

RUDGE, V.V.C. **O potencial da agroenergia no Brasil na mitigação da mudança do clima: histórico jurídico.** 89 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp – Campus de Botucatu, São Paulo, 2005.

SHOLZ, V.; SILVA, J.N.; HEIERMANN, M.; GALVARRO, S.F.S.; KAULFUSS, P. **Bionergia Brasil e Alemanha.** Viçosa, MG. UFV, DEA, 2008. 78p. (Boletim Técnico, 12)

SILVEIRA, J.L.; GOUVÊA, P.E.M. **Uso racional de energia.** 95 p. 2004. Disponível em: http://www.fauenquil.br/copg/des_arq/messias/curso%20uso%20racional%20energia.pdf. Acesso em: 03 set. 2008.

SIQUEIRA, O.J.W.; STEINMETZ, S.; FERREIRA, M.F.; COSTA, A.C.; WOZNIAK, M.A. Mudanças climáticas projetadas através dos modelos GISS e reflexos na produção agrícola brasileira. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 2, p. 311-320, 2000.

SOUSA, D. **Depois de CFC, Brasil tenta eliminar HCFC.** Brasília, 13/05/2009. Disponível em: http://www.pnud.org.br/meio_ambiente/reportagens/index.php?id01=3209&lay=mam. Acesso em: 13 maio 2009.

STERN, N. **“The Stern review: The economics of climate change”.** London: Cambridge University Press, 2006, 712 p.

THE WORLD BANK. **Adaptação e mitigação da mudança do clima na agricultura. Relatório sobre o desenvolvimento mundial.** 2008, 2 p. Disponível em: <<http://siteresources.worldbank.org/INTWDR2008/Resources/2795087-1191440805557/4>>

4249101-1191606788175/03_Clima_Alex-Portuguese.pdf>. Acesso em: 12 ago., 2008.

VALE, F.X.R.; JESUS JUNIOR, W.C.; RODRIGUES, R.; SILVA, A.; CONCENÇO, G.; COSMI, F.C.; JUNIOR, R. V.; CECÍLIO, R.A. Alterações climáticas globais e seus efeitos sobre as doenças de plantas. In: POLANCZYK, R.A.; CECÍLIO, R.A.; MATTA, F.P.; SOARES, T.C.B.; PEZZOPANE, J.E.M.; CAMPANHARO, W.A.; OLIVEIRA, M.C.C. **Estudos avançados em produção vegetal**. 2.ed. Alegre. 2008. v. 1, p. 383-411.

VIOLA, E. A evolução do papel do Brasil no regime internacional de mudanças climáticas e na governabilidade global. **Revista Cena Internacional**, ano 6, n. 1, p.82-105, 2004.

WALTER, A. As mudanças climáticas e a questão energética. **Revista Multiciência**. Campinas, Séries Mudanças climáticas. Ed. 8, p 29-47, 2007.

WIKIPEDIA. (2009a). **Efeito estufa**. 2009. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Efeito_estufa>. Acesso em: 24 abr 08

WIKIPEDIA. (2009b) **Produto interno bruto**. 2009. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Produto_interno_bruto>. Acesso em: 24 abr 08.

CAPÍTULO II. CENÁRIO ENERGÉTICO MUNDIAL: AGROENERGIA COMO PARTE DA SOLUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, é considerado o uso da biomassa uma alternativa promissora para produção de energia e biocombustíveis, pois é capaz de conciliar o desenvolvimento econômico e a conservação ambiental, por ser uma fonte renovável e, sobretudo, por contribuir expressivamente com a redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE).

Nos últimos anos, dois fatores reacenderam o interesse mundial por fontes de energias renováveis, notadamente, aquelas provenientes de biomassa agrícola e silvícola: i) a atual perspectiva de esgotamento das reservas energéticas não-renováveis (carvão mineral, petróleo e seus derivados); e ii) as alterações climáticas globais, causadas pelo aquecimento global. Neste contexto, têm-se observado programas que buscam meios de minimizar esses fatores, a exemplo do Protocolo de Quioto e do Programa Nacional de Produção e Uso de Agrocombustíveis (PNPB).

A agroenergia tem papel estratégico na mitigação dos GEE, além de ser uma opção interessante para se alcançar a segurança energética mundial. A energia de agrocombustíveis, especialmente nas áreas subtropicais e tropicais poderá, ainda, proporcionar a um maior número de países produzir sua própria energia, especialmente aqueles mais pobres. A produção de energia renovável por esses países pode proporcionar, além da segurança energética, promoção social, e redução da vulnerabilidade às Mudanças Climáticas Globais (MCG), dentre outros benefícios. A agricultura potencializa a produção de energia, a geração de emprego e renda e as causas das MCG. Neste cenário, os agrocombustíveis líquidos (biodiesel e etanol) têm ganhado a cada dia mais espaço na agenda política mundial. Eles se caracterizam por serem renováveis, biodegradáveis, menos poluentes, de rápida produção, relativamente baratos, e, sobretudo, democráticos.

O Brasil é o País que apresenta maiores condições para liderar o mercado de agroenergia. Nesse contexto, o governo brasileiro, lançou em 2004, o PNPB, que tem por objetivo a implementação da produção e uso de biodiesel na matriz energética brasileira, com enfoque na inclusão social e no desenvolvimento regional via geração de emprego e renda e redução das assimetrias regionais. Além de executar políticas de cunho ambiental, visando à redução de GEE, e econômico, com o objetivo de reduzir

importações de petrodiesel e, ainda, de gerar divisas para o País. O programa permite a produção de biodiesel a partir de diferentes oleaginosas e rotas tecnológicas, possibilitando a participação do agronegócio e da agricultura familiar no novo agromercado.

Para fortalecer o PNPB, foi aprovado pelo Congresso Nacional, em 2005, o marco regulatório do novo combustível por meio da Lei 11.097, que introduz o biodiesel na matriz energética brasileira. Além dele, um conjunto de decretos, normas e portarias, estabelecem percentuais mínimos de mistura do biodiesel ao petrodiesel, que pode substituir total ou parcialmente o petrodiesel em motores de ignição por compressão, tanto automotivos e como estacionários. Os atos legais que formam o marco regulatório estabelecem, ainda, a forma de utilização e o regime tributário (diferenciação por região de plantio, por oleaginosa e por categoria de produção, familiar ou não). O governo federal, com objetivo de assegurar a efetiva participação de pequenos produtores neste mercado, especialmente de base familiar, lançou, o Selo Combustível Social (SCS).

O PNPB tem se estendido em todos os estados brasileiros, com maior incentivo do governo no Nordeste e nas regiões semi-áridas, como fonte alternativa de renda e desenvolvimento regional. Com esse programa, espera-se fomentar a diversificação de cultivos de espécies oleaginosas, visando à organização de uma cadeia produtiva local de biodiesel, de modo a favorecer o desenvolvimento econômico, ambiental e social do País.

2. HISTÓRICO DA INDÚSTRIA MODERNA DO PETRÓLEO

A energia é a base do desenvolvimento global. Atualmente, a base energética mundial é calcada em três fontes de energia não renováveis: o carvão mineral, o petróleo e o gás natural. Antes da descoberta do petróleo, utilizava-se majoritariamente a biomassa como fonte energética. Todavia, com o crescimento demográfico exponencial e, com a maior demanda energética para suprir as necessidades de consumo da população, buscaram-se fontes abundantes e baratas, assim como hoje. A diferença é que atualmente, há maior preocupação com as questões ambientais.

A descoberta de petróleo, ao final do século XIX, foi uma nova revolução energética, que, em pouco tempo, tornou-se a principal fonte de energia de muitos países, até os dias atuais. A indústria petrolífera teve início em 1859, quando foi descoberto petróleo na Pensilvânia, nos Estados Unidos. O petróleo foi utilizado principalmente na produção de querosene para iluminação. Os EUA se mantiveram como o maior produtor mundial de petróleo durante várias décadas. O País também foi pioneiro na perfuração de poços de petróleo, utilizando técnicas de sondagem e perfuração, adaptadas dos poços de sal. Os norte-americanos foram responsáveis ainda, pela difusão e criação da infraestrutura associada à distribuição de petróleo e seus derivados no mundo (BNDES/CGEE, 2008).

Em 1860, com o domínio da técnica de refino do querosene, o petróleo passou a ser refinado pela indústria petrolífera e tão logo comercializado. O querosene foi o subproduto exportado para diversos países para abastecer especialmente frotas de navios. O querosene foi utilizado por longos períodos, até a construção de motores que consumiam outros subprodutos do petróleo bruto, a gasolina e o petrodiesel.

Já em 1863, quando superadas as fases de produção e refino, passou-se à etapa de facilitar o transporte do petróleo, que na época era realizado por carroças (Aragão, 2005). Foi então construído o primeiro oleoduto, que interligava as regiões de maior concentração de poços e refinarias, conhecida como *Oil Regions*, às ferrovias (Aragão, 2005). Em pouco tempo, a indústria petrolífera já estava com toda a cadeia estruturada. O final de 1870 foi marcado pela construção do oleoduto da Costa Marítima (*Tidewater Pipeline*), pelos produtores da Pensilvânia (Repsold Júnior, 2003), sendo considerado o maior oleoduto petrolífero de longa distância, com 176 quilômetros. O oleoduto foi criado com objetivo de reduzir o custo de transporte do barril de petróleo e desacelerar o crescimento e domínio da *Standard Oil*, companhia detentora das indústrias do ramo, causando fortes repercussões no modo de organização industrial e nas estratégias da

Standard Oil (Repsold Júnior, 2003). Contudo, a *Standard Oil* construiu quatro novos oleodutos de longa distância, todos saindo da região de *Oil Regions*, um para Cleveland, um para Nova York, um para Filadélfia e um para Buffalo (Aragão, 2005). Nove anos depois a companhia tornava-se detentora de 90% da capacidade de refino do petróleo, não somente nos EUA, mas dos sistemas de coleta da *Oil Regions* e do transporte do petróleo (Aragão, 2005).

A indústria petrolífera produzia o querosene em grande escala até 1880. Após esse período, outros derivados do petróleo ganharam espaço, como a gasolina, o nafta, o óleo combustível (diesel) e, em menor escala, os lubrificantes (Aragão, 2005). Enquanto isso, na Europa, principalmente na Alemanha, os investidores se espelhavam no sucesso da *Standard Oil*, para organizar industrialmente o método produtivo baseado em economias de escala, visando eficiência nos diversos estádios da cadeia produtiva associada à transformação do óleo bruto, no controle das atividades correlacionadas ao setor, bem como investindo em ciência, tecnologia e inovação. Neste contexto, as indústrias européias tornaram-se fortes adversárias às norte-americanas (Aragão, 2005). Ao mesmo tempo, outros poços com potencial petrolífero foram descobertos em regiões americanas e explorados por outras companhias, dentre elas, a *Texaco* (Aragão, 2005). Contudo, a companhia pioneira da extração do petróleo - *Standard Oil* -, ainda, se mantém na liderança mundial.

Em 1895, Rudolf Christian Karl Diesel iniciou pesquisas para utilização do subproduto do petróleo como combustível para sua nova invenção, o motor com ignição por compressão, ou seja, o motor diesel. Em 1900, utilizou óleo vegetal para demonstração de funcionamento do motor, que operou de forma semelhante em substituição ao petrodiesel. A experiência possibilitou a utilização de biomassa agrícola como escopo energético. Observa-se, portanto, que, naquela época, já se tinha a preocupação quanto à segurança energética dos países dependentes da importação do petróleo.

Após várias décadas na liderança da indústria petrolífera, as descobertas de petróleo em território norte-americano tornaram-se modestas e escassas (BNDES/CGEE, 2008). Isso acarretou pela primeira vez, uma reflexão sobre o limite do petróleo. O geólogo norte-americano Marion King Hubbert sugeriu em 1956, a possível escassez de petróleo para o início da década de 1970, nos EUA (BNDES/CGEE, 2008). Nesse período, o País atingiu seu patamar de produção, confirmando as previsões de Marion. Logo, outros países, notadamente, os situados no Oriente Médio, passaram a configurar um novo cenário mundial, tornando-se os maiores detentores e produtores de petróleo, e

a preços mais competitivos. Esse novo cenário favoreceu o crescimento econômico, especialmente dos países industrializados. Todavia, petróleo, como o vetor do desenvolvimento, tem provocado crises cíclicas de preços e abastecimento, conhecidas como choques, os quais fragilizam os países importadores (Dias et al., 2009).

Em 1960, foi fundada em Bagdá, a Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP), composta pelos cinco principais produtores de petróleo: Arábia Saudita, Irã, Iraque, Kwait e Venezuela. A criação da OPEP foi um movimento reivindicativo como reação a uma política de achatamento de preços praticada pelo cartel das grandes empresas petrolíferas ocidentais (Coggiola, 2007). Essas empresas ficaram conhecidas como Sete Irmãs ou cartel das Sete Irmãs: *Standard Oil, Royal Dutch Shell, Mobil, Gulf Oil Co, British Petroleum (BP), Texaco e Standard Oil da Califórnia*. Essas companhias possuíam um fator em comum: iniciaram suas atividades no segmento de refino, transporte e distribuição, para posteriormente dirigirem seus investimentos para a exploração e produção (Aragão, 2005). Doze anos mais tarde, a OPEP detém dois terços das exportações mundiais de óleo bruto. Atualmente, esse grupo detém as maiores reservas provadas de petróleo do mundo (BP, 2008).

Na Tabela 1, estão relacionadas as principais ações da OPEP, negociações e decisões que influenciaram o cenário mundial do mercado do petróleo.

Tabela 1. Principais deliberações, envolvendo a OPEP, realizadas no período de 1968 a 2005.

PERÍODO	PRINCIPAIS DELIBERAÇÕES
1968	Após a guerra dos Seis Dias, em junho de 1967, num contexto de déficit de oferta, a OPEP consegue um acordo com as companhias ocidentais, eliminando o desconto sobre o preço de venda.
1971-1972	A OPEP, que detém na época dois terços das exportações mundiais de óleo bruto, inicia o processo de nacionalizações.
1973	Primeira crise de petróleo. Durante a guerra do Yom Kipur, a OPEP aumenta o preço do óleo de 70 a 100%. Os produtores árabes declaram embargo aos países considerados pró-Israel (Estados Unidos e Holanda). O preço do óleo tem aumento de 400% em cinco meses.
1975	Primeiro encontro dos chefes de Estado dos países-membro da OPEP, em Argel.
1978 – 1981	Segunda crise do petróleo. A revolução islâmica no Irã e a guerra Irã-Iraque provocam queda na produção e disparada de preços. A política da OPEP, que não teme mais a superprodução, torna-se mais agressiva. Oito altas de preço se sucedem.
1982	A OPEP decide em Viena fixar cotas de produção, limitando o volume de petróleo produzido (cotas). Como a Carta da OPEP permitia que essas cotas fossem somente referenciais, somente três países decidiram aplicá-las. A Arábia Saudita reduziu sua produção em dois terços.
1983	Em razão da queda nas vendas, a OPEP, que sofre a concorrência da política de diversificação de recursos energéticos praticada pelos países ocidentais e pela exploração de reservas fora de seu controle, baixa em 15% o preço de referência para o petróleo.

1986	Sob pressão de partidários da limitação de produção, OPEP reúne-se em Genebra em uma conferência extraordinária e decide manter um teto de 17 milhões de barris diários em março e abril. Em agosto, o volume diminui para 16 milhões de barris, mas esta medida não seria aplicada.
1991	Invasão iraquiana no Kuwait, o barril chegou novamente ao patamar dos US\$ 40, caindo após o fim do conflito.
1997	A OPEP reúne-se em Jacarta e aumenta em 10% a produção, sem levar em conta a crise asiática, provocando uma baixa de 40% na cotação.
2000	Depois de nova alta no preço do barril de petróleo, a OPEP decide, numa conferência ministerial em Viena, aumentar em 3% a produção para segurar o preço do óleo bruto, que triplicou em um ano. O efeito da medida foi quase nulo.
2002	A OPEP reduz a produção por um período de seis meses, com o objetivo de provocar uma redução significativa na cotação do barril em consequência da crise econômica mundial.
2003	Os ministros da OPEP decidem reintegrar o Iraque na organização.
2004-2005	Crescente demanda de petróleo nos Estados Unidos, China e na Índia provoca um pico na cotação do barril.
2007	Descoberta do megacampo de petróleo no Brasil, o que coloca o país entre os maiores detentores de petróleo do mundo.
2008	Terceiro choque do petróleo. Os preços subiram mais de 100% entre Janeiro e Julho, em virtude de movimentos especulativos em nível global. O crescimento da economia dos países emergentes, principalmente da China e da Índia, foram apontados como favorecedores da crise do petróleo mundial.

Fonte: Adaptado de Le Monde diplomatique (2006).

2.1. Histórico da formação da indústria do petróleo no Brasil

O atraso no surgimento da indústria nacional do petróleo ocorreu principalmente pela falta de recursos orçamentários do governo federal e por existirem controvérsias em torno das áreas prioritárias de exploração do petróleo (Aragão, 2005). A criação da Petrobras ocorreu mediante discussões de grupos radicais. Havia grupos que defendiam o regime do monopólio estatal, enquanto outros eram favoráveis à participação da iniciativa privada na atividade.

Em 1953, após intensa campanha de mobilização popular, a opção pelo monopólio estatal foi consolidada na lei 2004, de 3 de outubro. De acordo com a lei, a pesquisa, a área (lavra), o refino e o transporte do petróleo e seus derivados passaram a ser atribuições do País, desempenhadas pela Petróleo Brasileiro S.A. – Petrobras, empresa criada por meio do decreto da referida lei (Petrobras, 2009). Como reportado no site da empresa, o monopólio estatal ocorreu de 1954 a 1997, sobre as operações de exploração e produção de petróleo, além das demais atividades ligadas ao setor (gás natural e derivados), exceto pela distribuição atacadista e pela revenda no varejo pelos postos de abastecimento. Durante esse período, a Petrobras tornou-se líder em comercialização de derivados no País o que resultou em uma premiação para a empresa

em 1992 pela *Offshore Technology Conference* (OTC), prêmio considerado mais importante do setor (Petrobras, 2009).

A Petrobras iniciou suas atividades com o acervo recebido do antigo Conselho Nacional do Petróleo (CNP), que manteve sua função fiscalizadora sobre o setor petrolífero (Petrobras, 2009).

A seguir será descrito, de forma resumida, conforme o histórico da Petrobras divulgado em seu site (www.petrobras.com.br), o panorama das ações e acontecimentos da indústria do petróleo no Brasil entre 1921 a 2009.

1921 – É promulgada a Lei de Minas – dar direito ao indivíduo nacional, ao estrangeiro residente no Brasil, ou à companhia legalmente constituída, o poder de se explorar minas.

1934 – O governo Getúlio Vargas, por meio da Constituição Federal (artigos 118 e 119), inicia o processo de nacionalização dos recursos naturais (hídrico e de minas).

1937 – É outorgada uma nova Constituição, que, além de contemplar os princípios nacionalistas desenvolvidos na Constituição de 1934, acrescenta ainda que as empresas organizadas no Brasil tinham que ser constituídas por acionistas brasileiros. Até 1938, era dado o direito das empresas privadas nacionais e estrangeiras de aplicar recursos (investimentos) nas atividades de exploração, produção e refino no Brasil.

1938 – Concepção do Conselho Nacional do Petróleo (CNP), por meio do Decreto nº 395. Foi a primeira iniciativa consistente do Estado brasileiro de regulação do setor petrolífero e imediata nacionalização das atividades em curso, com o controle do governo sobre a indústria do petróleo. A ação teve por objetivo regular as atividades de importação, exportação, transporte, distribuição e comércio de petróleo e seus derivados, além de iniciar o funcionamento da indústria do refino. No mesmo ano, inicia-se a perfuração do poço número 163, em Lobato.

1939 – É comprovada a existência de petróleo em território brasileiro.

1940 – Existiam apenas duas refinarias, estas particulares (Grupo Ipiranga e refinaria estatal de Mataribe).

1951 – Campanha nacionalista: “O Petróleo é nosso”. Getúlio Vargas autoriza a abertura das negociações no Congresso Nacional para discutir a criação de um órgão estatal fortalecido. A década de 1950 foi marcada pela concessão para a instalação de três refinarias particulares (Refinarias de Mangueiras, Capuava e Isaac Sabbá) e início da construção de uma grande refinaria em São Paulo, atual Refinaria Presidente Bernardes, em Cubatão.

1953 – O presidente Getúlio Vargas envia mensagem ao povo brasileiro, dando conta de que o Congresso acabara de transformar em lei o plano governamental para a exploração do petróleo, com a criação da Petróleo Brasileiro S.A – Petrobras, instituída pela Lei 2004/53. A Petrobras é uma empresa de propriedade e controle totalmente nacionais, com participação majoritária da União, encarregada de explorar, em caráter monopolista (51% das ações), diretamente ou por subsidiárias, todas as etapas da indústria petrolífera, exceto a distribuição e comercialização. O monopólio se estendia às refinarias que fossem instaladas no País, ficando excluídas somente as refinarias que já se encontrassem em funcionamento no Brasil até a data de promulgação da lei.

1955 – É descoberto o poço de petróleo em Nova Olinda (Amazonas).

1961 – A Petrobras alcança mais um dos seus objetivos principais: a autossuficiência na produção dos principais derivados, com o início de funcionamento da Refinaria Duque de Caxias (Reduc), no Rio de Janeiro, com capacidade de produção de 90 mil barris de óleo por dia. Ao longo da década, outras unidades entraram em operação. Foi inaugurado o primeiro posto de abastecimento da Petrobras, em Brasília.

1962 – O Brasil reduz os custos das importações. O Governo institui o monopólio da importação de petróleo e seus derivados.

1963 – Descoberta do campo petrolífero de Carmópolis (SE). Criação do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento (Cenpes). O governo federal institui o monopólio estatal da importação de petróleo e derivados.

1968 – Descoberta de petróleo no mar (*offshore*). Perfurado o primeiro poço em alto mar, no campo de Guaricema, em Sergipe, o que permitiu o sucesso da Petrobras em direção as atividades de exploração *offshore*.

1969 – A expansão do parque de refino altera drasticamente o perfil de importações da empresa, que passa a comprar no exterior 92% de óleo cru e 8% de seus derivados. O cartel da OPEP triplica os preços e abala o domínio das multinacionais privadas. Surgem as megaestatais, impondo o fim da era do petróleo barato (Petrobras, 2009). A década de 1960 foi marcada pela crescente demanda nacional por derivados de petróleo. A produção de petróleo alcançou 100 mil barris/dia. O período também foi marcado pela criação do Ministério das Minas e Energia (MME).

1970 – O consumo de petróleo continua a aumentar, passando de 190 mil barris/dia. O consumo de derivados de petróleo duplicou, impulsionado pelo crescimento médio anual do PIB (taxas superiores a 10% ao ano). A década foi marcada pelos investimentos da Petrobras nas atividades de refino, transporte marítimo, terminais e dutos petrolíferos.

1972 – Início da operação da Refinaria do Planalto Paulista (REPLAN), e da Refinaria Presidente Getúlio Vargas (REPAR).

1974 – As refinarias de Capuava e Manaus são adquiridas pela Petrobras. Descoberta do campo de Garoupa (Rio de Janeiro), a primeira na bacia de Campos.

1975 – Lançamento do Programa Nacional do Álcool (Proálcool). Descoberta de novas bacias em Campos.

1976 – É criada a Petrobras Fertilizante, a Petrofértil e a Petrobras Comércio Internacional (Interbrás).

1977 – Produção de petróleo na bacia de Campos. Consolidação da tecnologia de produção em águas profundas, tornando a Petrobras a líder mundial nesse tema.

1979 – Início da comercialização de álcool hidratado como combustível para automóveis. Novas descobertas e aumento da produção de petróleo e seus derivados.

Década de 1980 – Marcada pela superação de grandes desafios, como redução da dependência energética, planos ambientais e a adoção de um programa de melhoria da qualidade dos combustíveis.

Década de 1990 – Considerada era tecnológica, com o desenvolvimento de técnicas como sensoriamento remoto, poços perfurados horizontalmente, robótica submarina e produção de petróleo em águas ultraprofundas. Perfuração do primeiro poço horizontal no Brasil, na bacia de Campos.

1997 – A Petrobras ingressa no grupo de 16 países que produzem mais de 1 milhão de barris de óleo por dia. Novo cenário de competição instituído pela Lei 9.478, que regulamenta a emenda constitucional de flexibilização do monopólio estatal do petróleo, abrindo as atividades da indústria petrolífera no Brasil à iniciativa privada.

2003 – Comemoração dos 50 anos de criação da Petrobras, a Companhia dobra a sua produção diária de óleo e gás natural, ultrapassando a marca de 2 milhões de barris, no Brasil e no exterior. Neste mesmo ano é lançado o Programa Petrobras Ambiental, com objetivo de aprovar a implantação de projetos em áreas temáticas ambientais relevante para a Petrobras e para o País (Petrobras, 2009). O primeiro tema do programa (2003) foi a “Água”. Dentre os mais de um mil projetos candidatados inscritos no edital de seleção, a Fundação Universidade do Tocantins – Unitins, foi uma das contempladas, com o Projeto Sub-bacia São João que privilegia a participação comunitária na gestão dos recursos hídricos, obtendo destaque pela excelência das ações desenvolvidas e significativos resultados (Unitins, 2009). Em reconhecimento, em 2006 o Projeto Sub-bacia São João foi vencedor do Prêmio Brasil Ambiental na categoria Gestão de Água, concedido pela Câmara de Comércio Americana do Rio de Janeiro.

2006 – Início da produção da plataforma P-50, no campo de Albacora Leste, na bacia de Campos, o que permitiu ao Brasil atingir sua autosuficiência em petróleo.

2007 – A Companhia é classificada como a sétima maior empresa de petróleo do mundo, com ações negociadas em bolsas de valores, configurando-se entre as 50 maiores e mais importantes empresas do setor petrolífero. Nesse ano, também são iniciadas as obras do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (Comperj). Descoberta do megacampo de petróleo de Tupi, em área ultraprofunda na bacia de Santos, com reservas estimadas entre 5 bilhões e 8 bilhões de barris, ou seja, 12 bilhões de barris de óleo equivalente (boe), o que pode aumentar as reservas de petróleo e gás da companhia de 40% a 60%. Descoberta de óleo leve na camada pré-sal da bacia de Santos (Figura 1).

2008 – Reconhecimento da Petrobras como a indústria mais sustentável do mundo (ética e sustentabilidade), alcançando uma pontuação de 92,25%. Novas descobertas de reservas de petróleo na camada pré-sal.

2009 – Descoberta de um novo poço, Iguaçu, localizado a cerca de 340 quilômetros do litoral do Estado de São Paulo, na profundidade de 2,14 quilômetros (Globo, 2009). Entretanto, ainda não se tem uma estimativa do seu volume de petróleo descoberto.

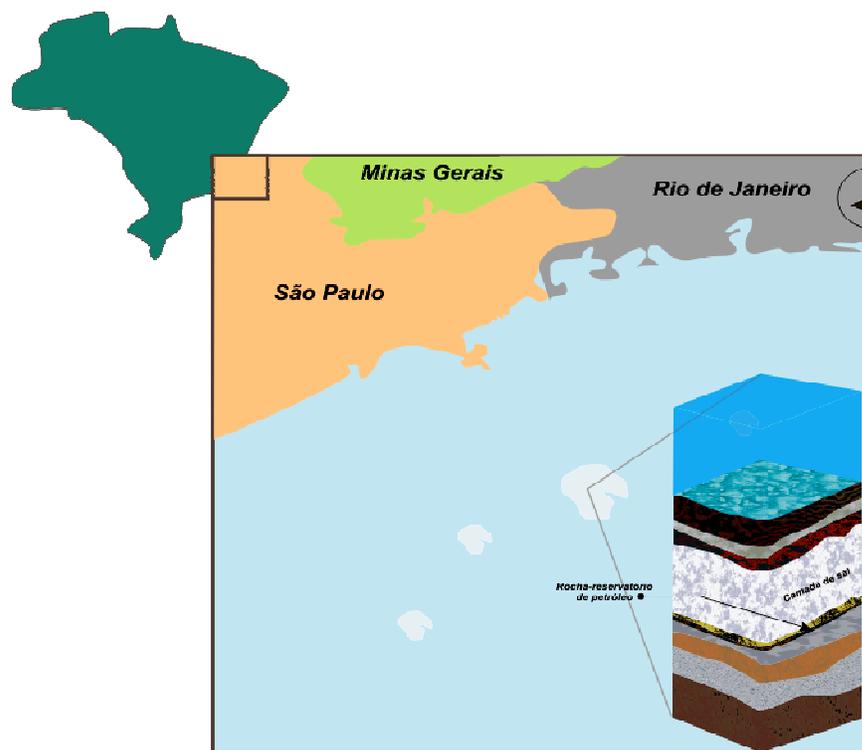


Figura 1. Camada pré-sal do Brasil, localizada na Bacia de Santos.

As novas descobertas do petróleo no Brasil representam uma nova independência para o País, abrindo perspectivas no setor econômico local e mundial. O País apresenta, ainda, o domínio tecnológico de exploração *offshore* de alta profundidade, que deverá ser aproveitada não só na exploração da camada pré-sal da costa brasileira, como em outras regiões petrolíferas, a exemplo do Golfo do México. A produção de petróleo e gás natural registradas no mês de junho de 2009 foi de 57.537.976 barris e 1.772.242 mil m³, respectivamente (ANP, 2009). Segundo dados divulgados pela Petrobras, em dezembro de 2008, a empresa possuía um valor de mercado da ordem de US\$ 96 bilhões. Ela ainda apresenta importante atuação em 27 nações.

2.2 Crises do petróleo: nova visão mundial

O mundo passou por três grandes crises energéticas (Figura 2), aqui designadas choques do petróleo, após a Segunda Guerra Mundial.

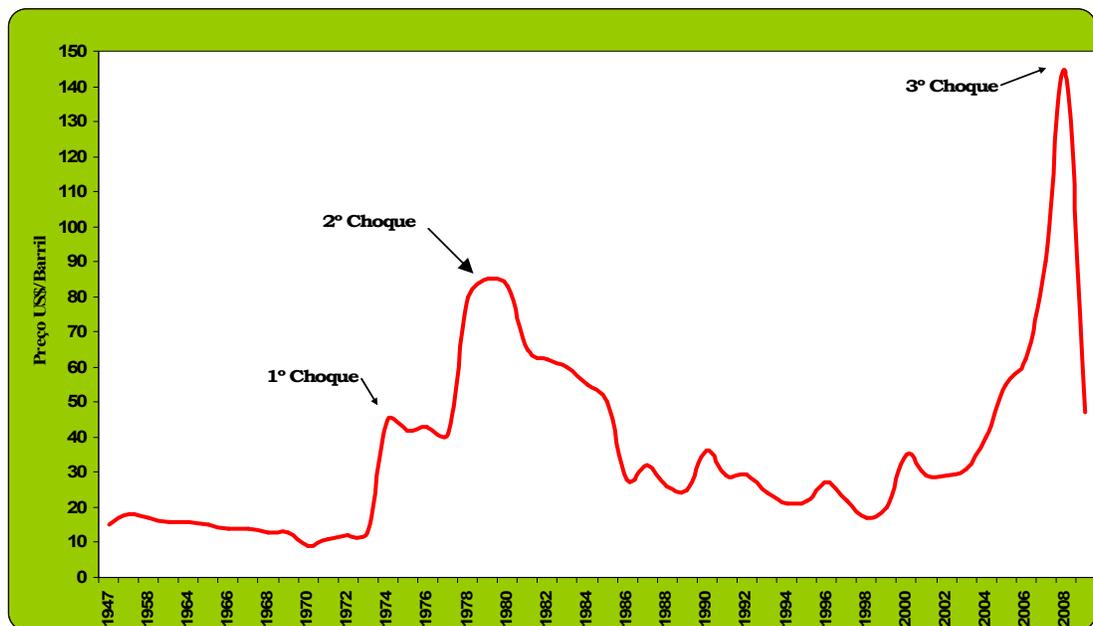


Figura 2. Evolução histórica dos preços do barril de petróleo no mercado internacional. Fonte: WTRG Economics (2008).

As duas primeiras crises do petróleo tiveram como fatores principais: i) o crescente consumo de petróleo e seus derivados; ii) a concentração nas mãos da OPEP (pequeno grupo); iii) a instabilidade do preço do petróleo; iv) os conflitos com potências

ocidentais; e v) a guerra entre os povos. Esses fatores foram importantes também porque mostraram aos líderes mundiais a vulnerabilidade dos países frente à dependência do combustível de base fóssil, especialmente, para aqueles dependentes da sua importação.

Os anos 1970 e 1980 foram marcados pela crise do petróleo. A OPEP aumentou significativamente os preços do barril do petróleo, provocando os choques de 1973 e 1979. A primeira crise energética elevou preço do barril do petróleo a US\$ 45, valor corrigido nos dias atuais, marcando o fim do combustível abundante e barato. O impacto na economia global foi devastador, mobilizando o mundo de modo a superá-la, através de ações globais, como a busca de novas fontes energéticas, especialmente aquelas renováveis. Essa busca é tema discutido cada vez mais na agenda política internacional, uma vez que os países, desenvolvidos ou não, continuam dependentes dos combustíveis fósseis.

Naquele momento de crise, muitos países tinham o entendimento da importância da busca de alternativas que os garantissem a oportunidade de manter a segurança energética e sua independência frente ao novo cenário energético com: frequentes volatilidades dos preços do petróleo, irregularidade no suprimento, dentre outros fatores. Assim, diversos países implementaram uma série de ações, investiram no desenvolvimento de novas tecnologias, na conservação e economia de energia, no uso de fontes energéticas alternativas, especialmente, as renováveis. Além disso, observou-se a reorganização doméstica das companhias petrolíferas e da abertura de novas áreas de exploração e produção (Aragão, 2005), não provenientes das áreas já exploradas pela OPEP. A posição dos países quanto à diversificação da matriz energética promoveu ainda: menor dependência do petróleo e seus derivados e a redução do poder da OPEP, na época.

Para Parente (2003), o aumento do preço desta *commodity* representou um marco na geração de uma nova consciência mundial a respeito da produção e do consumo de energia, com maior consciência e valorização pelo homem aos bens de sua convivência.

O segundo choque do petróleo ocorrido em 1979 teve fortes influências da OPEP, que, aliadas a revolução islâmica no Irã e à guerra Irã-Iraque, provocaram queda na produção e disparada dos preços (Tabela 1). O barril de petróleo chegou a US\$ 75 dólares (corrigido), acarretando novamente declínio das atividades econômicas mundiais. Os preços permaneceram altos até 1986, quando voltaram a regredir e estabilizar.

Na década de 1980, com uma reestruturação da cadeia do petróleo e conscientização dos países, com a exploração de diversos setores energéticos como a energia nuclear, a transformação dos petroderivados em fertilizantes químicos, a exemplo da amônia, além da abertura de outros segmentos, favoreceram a estabilidade dos preços durante a década de 1990, os preços se mantiveram estáveis. Entretanto, quando ocorreu a invasão iraquiana no Kuwait, o preço do barril chegou novamente ao patamar dos US\$ 40, caindo logo após o fim do conflito. De acordo com Dias et al. (2009), o século XX foi o mais extraordinário da história da humanidade, pois nele se assistiu à revolução dos meios de comunicação, do transporte, saltos na produção de alimentos, além do aumento da qualidade e da expectativa de vida em todo mundo. Todos esses avanços levaram o consumo de petróleo ao seu ápice.

Outro marco importante na reestruturação da cadeia do petróleo foi a exploração da produção petrolífera em alto mar, chamada de *offshore*, após os dois grandes choques do petróleo, além da evolução estrutural e da maior competitividade entre as grandes estatais e as companhias de capital privado. Esse assunto será abordado adiante, ainda neste capítulo.

Em 2008 observou-se a terceira crise energética global. O crescimento da economia dos países emergentes, notadamente China e Índia, foi apontado como responsável pela alta dos preços do petróleo e pelo novo choque mundial, por apresentar uma demanda expressiva nos últimos anos. Segundo Kahn (2008) existem outros fatores também que contribuíram com a recente crise mundial, como: i) queda nos estoques estratégicos dos EUA; ii) declínio das reservas do mar do Norte; e, sobretudo, iii) movimentos de especulação, em que se previa o aumento do barril de petróleo para US\$ 200.

Portanto, a terceira crise teve um contexto diferente das anteriores; não foi resultante da interferência do cartel da OPEP, mas sim do aumento do consumo dessa fonte pelos países emergentes e da falta de estoques reguladores. É notório, portanto, a dependência dos petroderivados, especialmente dos países que importam o petróleo. Em 2008, o preço do petróleo teve alta de 40%. No dia 6 de junho, o barril foi cotado a US\$ 138,54. Um mês depois, o barril atingiu US\$ 144. Aliada às preocupações quanto à pendência energética, têm-se agora as preocupações com as mudanças climáticas e a segurança alimentar.

A crise mundial do petróleo tem várias vertentes. As ameaças à estabilidade de oferta, a interrupção dos suprimentos energéticos e, sobretudo, a expressiva dependência do petróleo pelos países importadores (Figura 3), que também estão

sujeitos a riscos iminentes de acidentes na infraestrutura de produção e transporte dos produtos (BNDES/CGEE, 2008). Todavia, os países importadores estão cientes dos riscos da dependência dos combustíveis fósseis e dos seus impactos negativos associados.

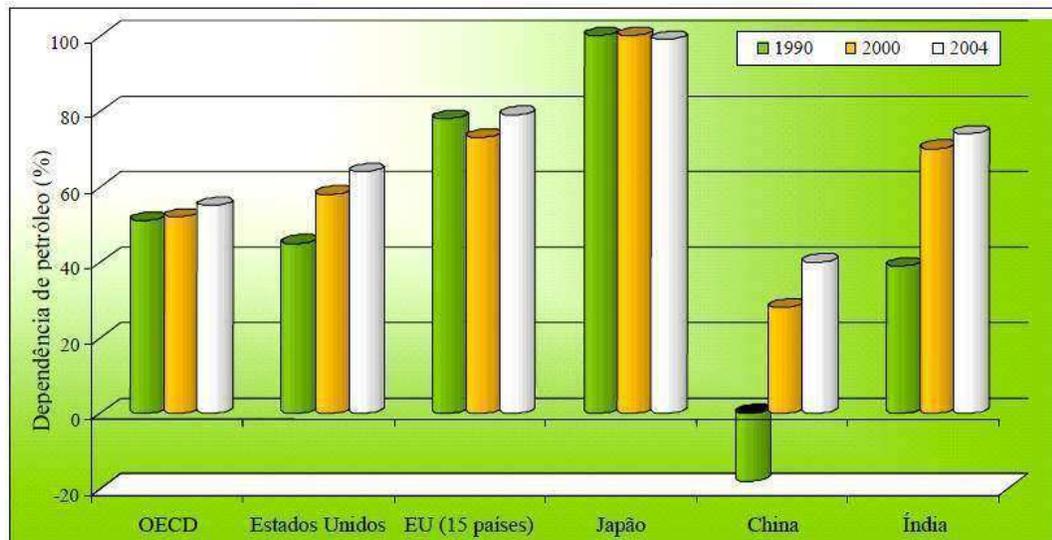


Figura 3. Países e blocos econômicos dependentes de importações de petróleo.
Fonte: Adaptado de BNDES/CGEE (2008)

De acordo com Dias et al. (2009), a energia tornou-se tema de segurança nacional, capaz de determinar quais países irão se desenvolver e quais irão estagnar. Dentre os primeiros figuram aqueles que têm fontes próprias de energia e capacidade de explorá-las, enquanto entre os últimos estão os países dependentes da importação de petróleo. Cabe ressaltar que o sistema energético apresenta fortes influências em toda a cadeia econômica, social, política e financeira. Isso foi observado na terceira crise do petróleo, com a geração de inflação e conflitos, elevação das taxas de desemprego, alta dos preços dos alimentos e dos bens e serviços, dentre outras implicações.

Nesta última crise do petróleo, também foram registrados protestos, destruição e violência, com efeito em cadeia, decorrente da alta dos preços do barril do petróleo em todo o mundo. Em junho de 2008, em resposta a alta do preço do produto os caminhoneiros, na Argentina, bloquearam estradas, inviabilizando a chegada de alimento e outros produtos ao comércio e a alguns supermercados. Na Espanha, na França e em Portugal, os agricultores, pescadores e caminhoneiros bloquearam depósitos, portos e estradas. Na Bélgica, carros foram virados e incendiados. No entanto, no Brasil, o episódio não foi caótico, como os registrados nos demais países. O país se apresenta em situação favorável, pois sua matriz energética é menos dependente dessa fonte, calcada em mais de 45% de fontes renováveis. A introdução de

agrocombustíveis, especialmente o etanol de cana-de-açúcar e a co-geração de energia elétrica a partir do resíduo dela, bem como o biodiesel (recentemente), tiveram grande contribuição como fator de minimização neste processo. Além disso, recentes descobertas de campos petrolíferos (Pré-sal) ajudaram a arrefecer os efeitos da crise petrolífera no País.

Apesar de seus efeitos negativos, ameaçando novamente a segurança energética, a última crise do petróleo contribuiu para que uma nova oportunidade surgisse para alguns países e para diversos setores econômicos. Por exemplo, na Alemanha, essa crise quebrou a resistência de montadoras, como a BMW e a Mercedes, que cederam à pressão do governo e produzirão carros mais econômicos e menos poluentes, a partir de 2012. A crise também favoreceu a mudança de comportamento, com a economia do consumo energético, o uso de meios de transportes coletivos, e a aceleração da fabricação de carros econômicos, híbridos ou de motores *flex fuel*. O Brasil é líder mundial neste último segmento. A produção nacional de automóveis em 2008 foi de 2,243 milhão de unidades, 88% deles equipados com esse motor, atestando a confiança e a preferência dos consumidores por essa tecnologia (Anfavea, 2009). Segundo a Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotivos (Anfavea), em junho de 2009 a produção de carros com tecnologia *flex fuel* ultrapassou o número de 1,2 milhão.

O avanço em tecnologias é importante para a diminuição do consumo de petróleo, o que exigirá tempo e esforço da indústria e dos consumidores. As mudanças de hábitos como resultado da tomada de consciência a cerca dos problemas ambientais e energéticos é primordial neste processo. Hábitos simples, como o uso de sacolas plásticas devem ser revistos. Essas sacolas podem levar 500 anos para se decompor e são um dos maiores problemas ambientais da atualidade, sem mencionar que derivam do petróleo. Em 2007, os Estados Unidos, consumiram 88 bilhões de sacos plásticos. A divulgação dessa informação provocou ações de entidades governamentais e não-governamentais, despertando a conscientização do cidadão para o uso de sacolas reutilizáveis. O Brasil produziu 18 bilhões de sacos plásticos (Bizzotto, 2009). Em diversos países existem políticas específicas para conter a produção e a utilização dessas sacolas. Fato inverso ocorre no Brasil, que não apresenta políticas neste sentido. Por outro lado, há no País movimentos pontuais de conscientização dos consumidores e comerciantes, com objetivo de reduzir o uso das sacolas plásticas e/ou incentivar a substituição por materiais renováveis ou retornáveis. Atingir metas para um desenvolvimento sustentável, inevitavelmente envolve a exploração de fontes

renováveis de energia e mudança de comportamento da humanidade, que se encontra nos dois lados da batalha. Todavia, é importante ressaltar que, se nenhuma medida for tomada, a próxima crise já está anunciada, e seguramente com maior impacto global, exceto, em alguns países menos dependentes da importação de petróleo e com grande potencial energético, como é o caso do Brasil.

2.3 Reservas mundiais provadas de petróleo

A concentração do petróleo nas mãos de poucos países coloca em risco a segurança energética mundial. A OPEP, atualmente, concentra 75% das reservas mundiais provadas de petróleo, enquanto os demais produtores, excluindo a antiga União Soviética, detêm 14% dessas reservas (BNDES/CGEE, 2008). Todavia, vale ressaltar que nesses valores apontados no estudo do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, em conjunto com o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, não estão inclusas as novas descobertas de reservas petrolíferas do Brasil e de outros países, nem o impacto dos avanços tecnológicos para retirada do produto das bacias sedimentares petrolíferas.

As reservas provadas mundiais de petróleo atingiram a marca de 1,238 trilhão de barris (BP, 2008). Segundo esse estudo, as reservas provadas do Oriente Médio, pertencentes à OPEP, região que concentra a maior parte das reservas de petróleo do mundo, apresenta volume equivalente a 755,3 bilhões de barris (Figura 4), ou seja, 61% desse recurso. Os países da OPEP mantêm-se como os maiores produtores de petróleo do mundo, com projeções crescentes no futuro.

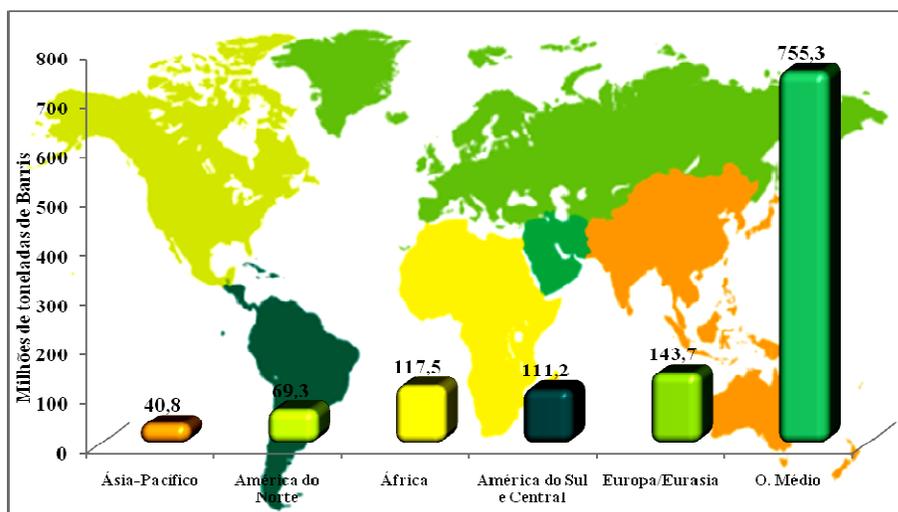


Figura 4. Reservas provadas de petróleo em 2007. Fonte: Adaptado de BP (2008).

As reservas provadas da Américas Central e do Sul apresentaram aumento nos últimos anos, graças a descobertas de novas reservas, principalmente no Brasil, com incremento de 3,6% de petróleo. As reservas provadas brasileiras, divulgadas em dezembro de 2008, somam 12,64 bilhões de barris de petróleo e 0,33 bilhão de metros cúbicos de gás natural, apresentando percentual superior ao do ano anterior (ANP, 2008a). Segundo a ANP – Agência Nacional de Petróleo, Gás e Biocombustíveis, esses valores são provenientes das reservas provadas, localizadas em terra (*onshore*) e no mar (*offshore*). Os valores das reservas dos campos em desenvolvimento não reconhecidas oficialmente pela ANP, não foram inclusos nesse estudo, o que coloca o Brasil em patamar favorável entre os países detentores de petróleo.

Se o consumo das reservas mundiais continuar ao ritmo atual, o petróleo só deve ser explorado por mais 40-50 anos (Rathmann, 2005). Entretanto, há uma controvérsia quanto ao ano e em que nível a produção global de petróleo atingirá seu máximo (BNDES/CGEE, 2008). O certo é que isso irá acontecer, afetando negativamente a economia mundial, notadamente a dos países mais dependentes dele, caso nenhuma ação seja efetivada.

3. DEMANDA ENERGÉTICA MUNDIAL: os dois lados da mesma moeda

A expansão acentuada do consumo de energia é reflexo do crescimento econômico mundial e da melhoria da qualidade de vida da população. Por outro lado, favorecem também seus efeitos negativos, principalmente as emissões de GEE.

O consumo energético de fontes não-renováveis provoca efeitos negativos, dos quais alguns são potencialmente irreversíveis. Atualmente, dois fatores são considerados: i) a possibilidade de esgotamento dos recursos energéticos em médio prazo e ii) o impacto sobre o meio ambiente, provocado principalmente pelas emissões de GEE, que têm grande influência no aquecimento global.

Historicamente, os países desenvolvidos são os principais consumidores de energia e emissores de GEE. Segundo projeções da OPEP, a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico, conhecido na sigla inglesa por OECD apresentou uma demanda de petróleo na ordem de 49,4 milhões de barris/dia, contra 30,4 milhões de barris/dia dos países em desenvolvimento (Oil World, 2008). Ainda de acordo com as estatísticas projetadas em um cenário de referência de 2006 a 2030,

elaborada pela organização, a demanda de petróleo em 2030 deverá atingir 113 milhões de barris/dia. As emissões de GEE também serão intensificadas.

São os petroderivados que fazem a economia girar (Dias et al., 2009). Apesar do aumento dos preços do barril do petróleo recentemente, o consumo energético global permaneceu crescente. Em 2007, o consumo mundial de energia primária teve um aumento de 2,4%, valor ligeiramente abaixo do ano anterior 2,7% (BP, 2008). Porém, nos últimos cinco anos, tem-se registrado o aumento do consumo médio, desta fonte.

A participação do setor de petróleo tem influência direta no Produto Interno Bruto (PIB) de um País, desacelerando a economia global, um dos fatores causador da crise econômica mundial, gerando o aumento das taxas de desempregos, quebra de montadoras. O comportamento do consumo energético apresenta estreita relação com a evolução do PIB. De acordo com Aragão (2005), em 2004, o setor petrolífero representou 8,11% do PIB brasileiro.

O período 2003-2005 foi marcado pelo intenso crescimento do comércio mundial. Entre 2003 e 2008, a economia mundial apresentou um período de expansão, resultante do crescimento do PIB (Ipea, 2009). Conforme série histórica divulgada pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), a variação do PIB passou de 1,1% em 1982 (menor índice), 3,6% em 2003, 4,9% em 2007 e 3,4 em 2008. Em 2008 este valor foi menor em relação ao ano anterior, em razão da crise econômica mundial.

Em 2007, o consumo mundial de energia foi de 11.099,3 milhões de tep. O petróleo respondeu por 3.952,8 milhões de tep, seguido pelo carvão, gás natural, energia hidráulica e energia nuclear (Figura 5). Conforme cenário projetado pelo IEA (2008), essa tendência deverá permanecer até 2030.

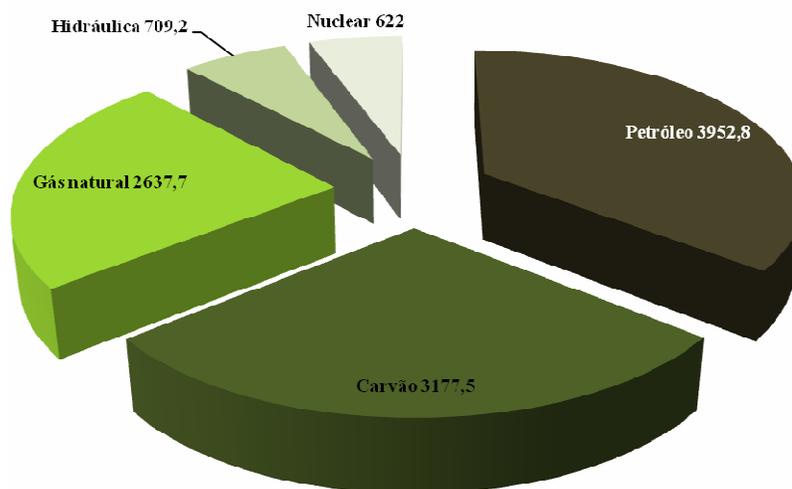


Figura 5. Consumo mundial energético em 2007, em milhões de tep.
Fonte: Adaptado da BP (2008)

Os países da OECD, com apenas 18% da população mundial, respondem por 78% da economia e por 48% da energia consumida do mundo (MME, 2009). Em 2006, a OECD respondeu por 47,3% da energia primária mundial, cerca de 8.084 milhões de tep (IEA, 2008). Os EUA continuam a liderar o *ranking* dos maiores consumidores mundiais de energia em 2007, ficando atrás apenas da China, conforme o estudo da BP Global. O Brasil respondeu por 2% do consumo global.

Segundo os dados da Agência Internacional de Energia, na sigla inglesa mais conhecida, como IEA, a demanda de energia primária global deverá crescer 55% entre 2005 e 2030, uma taxa média anual de 1,8%. De acordo com o estudo, estima-se que, em 2030, a demanda mundial anual deverá alcançar 17,7 bilhões de toneladas de petróleo equivalente (tep). Em 2005, esse valor foi de 11,4 bilhões de tep. De acordo com a IEA (2007), a demanda energética por fontes renováveis no período de 2005 a 2030 terá um incremento de 6,7% ao ano, enquanto a energia hidráulica e a biomassa terão um incremento médio de 2,0 e 1,4% ao ano, respectivamente (Figura 6). O Brasil seguramente tem participação importante neste novo cenário energético.

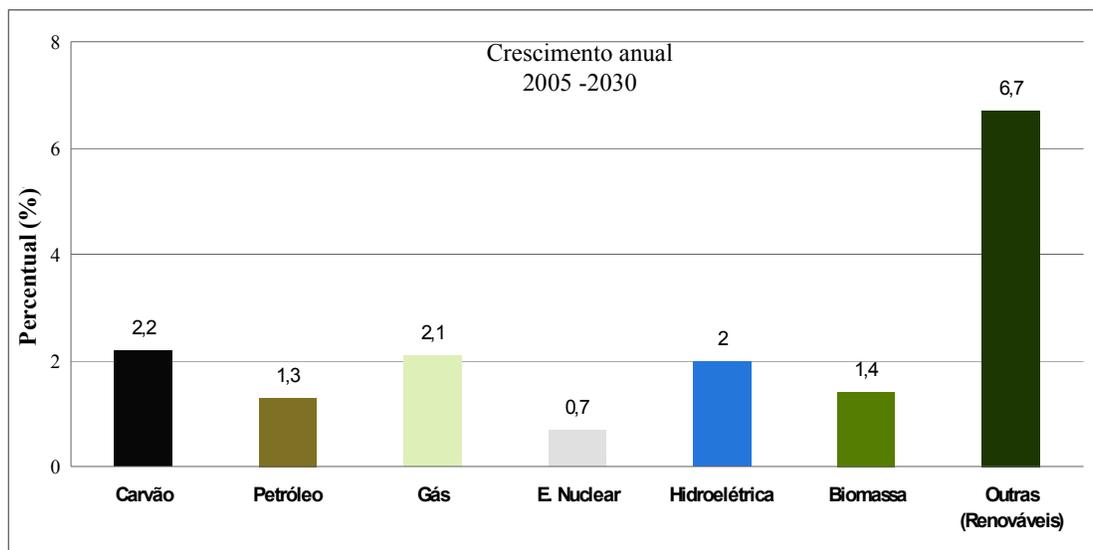


Figura 6. Percentual de crescimento energético anual de 2005 a 2030.
Fonte: Adaptado de IEA (2007).

Nos países desenvolvidos, a biomassa, de uso muito pouco representativo, mais que dobrou a sua participação na matriz energética, de 2,3%, em 1973, para 4,8%, em 2006, o que reflete a preocupação em atenuar as emissões de poluentes atmosféricos (MME, 2009).

A matriz energética mundial atualmente é baseada em três fontes principais: o carvão mineral, o petróleo e o gás natural. De acordo com dados da IEA, essas fontes energéticas devem permanecer como fontes dominantes de energia primária nos próximos anos (Figura 7). As três fontes energéticas, em conjunto, responderão por 84% da demanda mundial entre 2005 a 2030 (IEA, 2007).

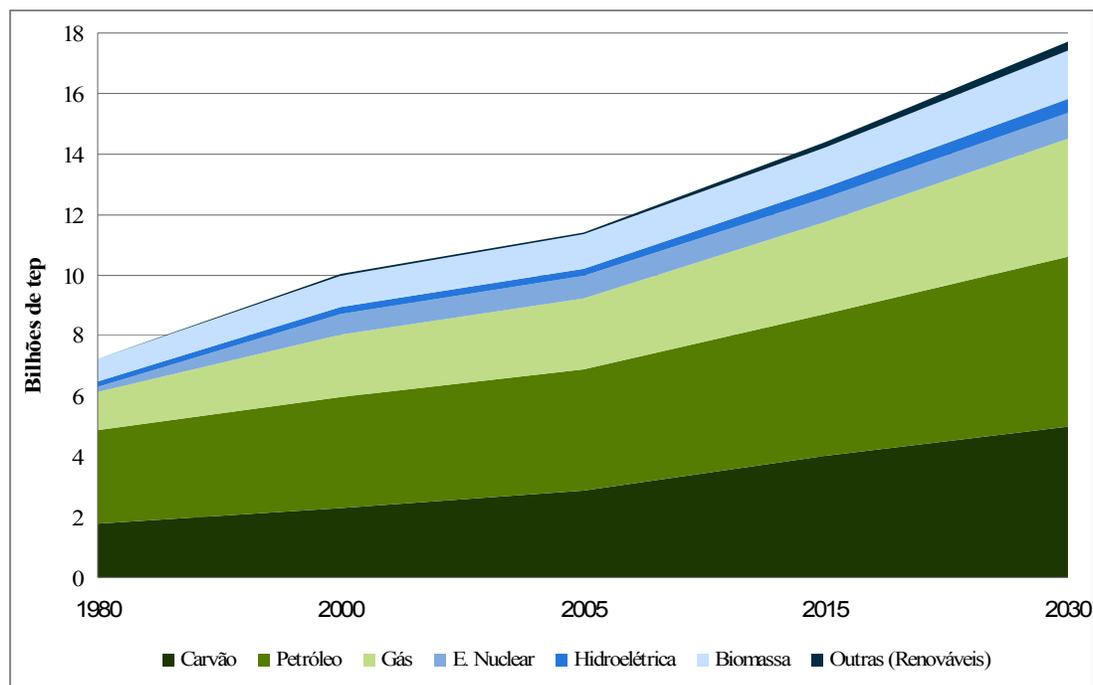


Figura 7. Cenário da demanda de energia primária mundial. Fonte: Adaptado IEA (2007).

De acordo com IEA (2008), o setor de transportes foi responsável por 60,5% do volume mundial consumido de derivados de petróleo em 2006. Portanto, recai sobre esse setor também a responsabilidade pela emissão de grande volume de GEE. O carvão e a energia elétrica responderam por 78,8% e 41,6% da demanda mundial do setor industrial, respectivamente. A agricultura e o comércio, este em conjunto com os serviços públicos, responderam por 48,1% e 56,7% do consumo mundial global, nesta ordem.

A demanda mundial de carvão apresenta saltos extraordinários, conforme cenário projetado pelo IEA (2007), saindo de 38% em 2005 para 73% em 2015. O petróleo e o carvão mineral constituem-se em fontes energéticas importantes. Todavia essas duas fontes afetam especialmente o equilíbrio planetário, uma vez que, são consideradas fontes sujas (poluentes), o que requer o incremento e a diversificação de fontes energéticas renováveis na sua matriz energética mundial, como, energia solar,

hídrica, eólica, nuclear, dentre outras. Desse modo, espera-se que os países alcancem a segurança energética, tornando-se menos dependentes de combustíveis fósseis e utilizando fontes de energia mais limpa.

3.1 China e Índia: duas potências em demanda energética e emissão de GEE

A China e a Índia aumentaram, nas últimas décadas, suas demandas energéticas. Grande parte dessa demanda foi atendida com a importação de combustíveis fósseis. A maior demanda da China foi decorrente da elevada taxa de crescimento econômico do País, sendo acompanhada pela Índia, nos últimos anos. De acordo com os dados da IEA (2007), entre o período de 2000 e 2006, a China e a Índia responderam por mais da metade do consumo energético mundial. A primeira foi responsável por 45% desse consumo, ou seja, 1,863 milhões de tep. Em 2007, a China aumentou seu consumo em 7,7% (BP, 2008), o que explica, em parte, a falta de estoques do petróleo no mercado mundial durante o período da terceira crise energética. Globalmente, a demanda de petróleo deve aumentar 1,3% por ano. Todavia, a China e a Índia devem apresentar um aumento de demanda de 3,6% e 3,9% ao ano, respectivamente (IEA, 2007). Ainda segundo a IEA, entre os períodos 2006 a 2030, essas duas potências representarão papel importante no consumo de combustíveis fósseis. Estima-se que, juntas, elas responderão por 42% da demanda desse combustível.

Entre 2000 e 2006, o carvão mineral respondeu por 43% da demanda energética global. China e Índia, juntas, consumiram 85% do total dessa fonte. Em 2007, a China consumiu o volume de 1,311 milhões de tep (IEA, 2008). Cabe ressaltar que o carvão é fonte primária de energia dessas duas potências, contudo é também uma fonte grande emissora de GEE. Tendências apontam que, essa fonte deve permanecer majoritariamente em suas matrizes energéticas, por ser abundante e relativamente barata. Embora a China seja o exemplo mais expressivo em termos de crescimento do consumo de energia, outros países e regiões em desenvolvimento registraram comportamento semelhante ao longo dos últimos anos (Aneel, 2008c). No entanto, esses países como o Brasil, Argentina, Rússia apresentam economias menores e, conseqüentemente, absorvem um volume menor de energia.

O aumento do consumo de energia não-renovável, notadamente, da China e Índia, resulta em aumento da poluição local, especialmente de emissão de dióxido de carbono – CO₂ (IEA, 2007), contribuindo de forma significativa com o aquecimento global, e, com as causas das MCG. Por isso o uso do carvão como fonte primária é amplamente criticado. Atualmente, esses países encontram-se em segunda e quarta posição, respectivamente, entre os maiores emissores de CO₂ (Ecotecnologia, 2007). China e Índia, não cumpriram o acordo firmado no Protocolo de Quioto, que visa redução de GEE, especialmente de CO₂. Com isso espera-se maior pressão sobre os Países não-Anexo I (em desenvolvimento), grupo ao qual esses países fazem parte, fato, abordado de forma ampla no Capítulo I.

Segundo a IEA (2007), a China e a Índia responderam, respectivamente, por 58% e 6% das emissões globais de CO₂ no período de 2000 a 2006 (Figura 8), configurando a responsabilidade da China como emissora de grandes volumes de gases nos últimos anos.

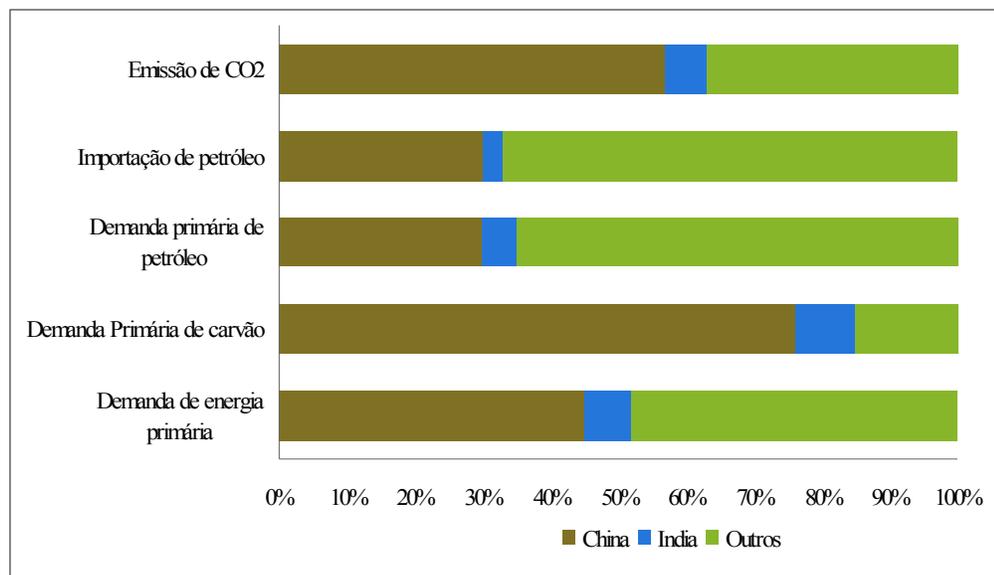


Figura 8. Percentual de demanda energética, importação e emissões de CO₂ de 2000 - 2006*. Fonte: Adaptado de IEA (2007). * Dados preliminares de 2006.

Segundo a IEA (2007), a demanda energética da Índia e da China constitui-se em um risco para a segurança energética mundial. Embora essas duas potências apresentem crescimento econômico extraordinário, elas ainda são consideradas nações pobres, se comparadas aos padrões da OECD. O crescimento econômico deve ser interligado ao desenvolvimento social, pela geração de riquezas, emprego e renda e, sobretudo, pela preservação da vida. Neste caso, é imprescindível a implementação de

políticas públicas locais e específicas com vista a atender o crescimento global de forma sustentável, especialmente daqueles países de economia emergente e os mais pobres. Para isso, devem-se priorizar políticas concisas acerca da maior eficiência energética, além de inovações na matriz energética local e mundial, por meio de fontes menos poluentes e mais convenientes, de forma a minimizar as vertentes negativas desse processo. De acordo com a IEA (2007), é necessário, ainda, maior diálogo entre os países líderes do G8 (grupo dos oito países mais industrializados e desenvolvidos economicamente do mundo – Estados Unidos, Japão, Alemanha, Reino Unido, França, Itália, Canadá e Rússia) e os países de economia emergentes sobre desenvolvimento sustentável e seguro.

3.2 Cenário energético nacional: evolução da matriz energética

A indústria petrolífera brasileira surgiu em meados do século XX. A biomassa, em especial a lenha e o carvão, era a fonte energética principal até então. Em 1970, a participação dessas fontes era superior a 50%, com predominância da lenha. Com a introdução de fontes energéticas mais eficientes, sua participação caiu, chegando a 26,7% em 2005 (Brasil/MME, 2007). Por outro lado, outras fontes energéticas, como o gás natural, o petróleo e seus derivados, ocuparam maior espaço na matriz energética do País.

Segundo o Programa Nacional de Energia - PNE haverá uma redução significativa no uso da lenha e do carvão vegetal, de 13% para 5,5%, pois o processo de desenvolvimento dos países leva à redução natural do uso da lenha como fonte de energia (Brasil/MME, 2007). O uso da lenha no setor agropecuário perde gradativamente importância em razão da urbanização e da industrialização, enquanto no setor residencial, ela é substituída por gás liquefeito de petróleo e por gás natural na cocção de alimentos. Na indústria, especialmente com a modernização dos processos, tem-se a tendência de substituí-la por fontes energéticas mais eficientes.

Espera-se, no cenário brasileiro projetado pelo PNE (Brasil/MME, 2007), uma matriz energética com aumento da participação do gás natural de 9,4% para 15,5% e redução da participação do petróleo e seus derivados de 38,7% para 28% respectivamente. Todavia, haverá um maior incremento da participação das fontes energéticas oriundas de produtos da cana-de-açúcar, passando de 13,0% em 2005, para

18,5% em 2030 (Figura 9). Outras fontes renováveis, como o Biodiesel, também deve aumentar sua participação na matriz energética brasileira.

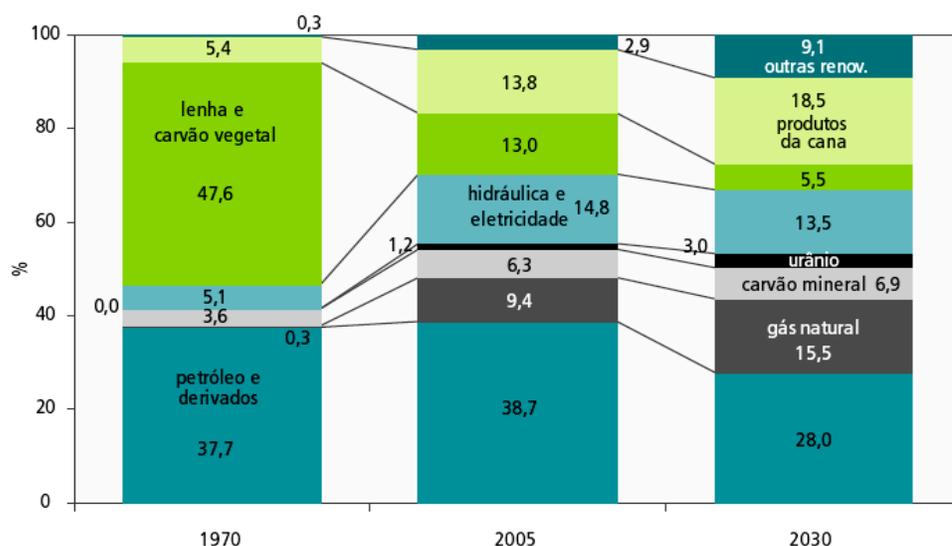


Figura 9. Cenário da oferta interna de energia no período de 1970 a 2030. Fonte: Brasil/MME (2007).

Em 2008, a demanda total de energia no Brasil foi de 251,5 milhões de tep, 5,3% superior ao montante verificado em 2007 e equivalente a cerca de 2% da energia mundial (MME, 2009). A oferta interna de energia (OIE) no País, em 2008, foi representada em primeira posição pelo petróleo e seus derivados (gasolina, óleo diesel e gás liquefeito de petróleo), respondendo por 37,3%, seguidos, em ordem decrescente, pela biomassa, representada pela lenha (11,4%), produtos da cana-de-açúcar (16,4%); e outras (3,4%); hidroeleticidade, e eletricidade, gás natural e pelo carvão mineral, respondendo por 31,5%, 13,9%, 10,2% e 5,7%, respectivamente (Figura 10).

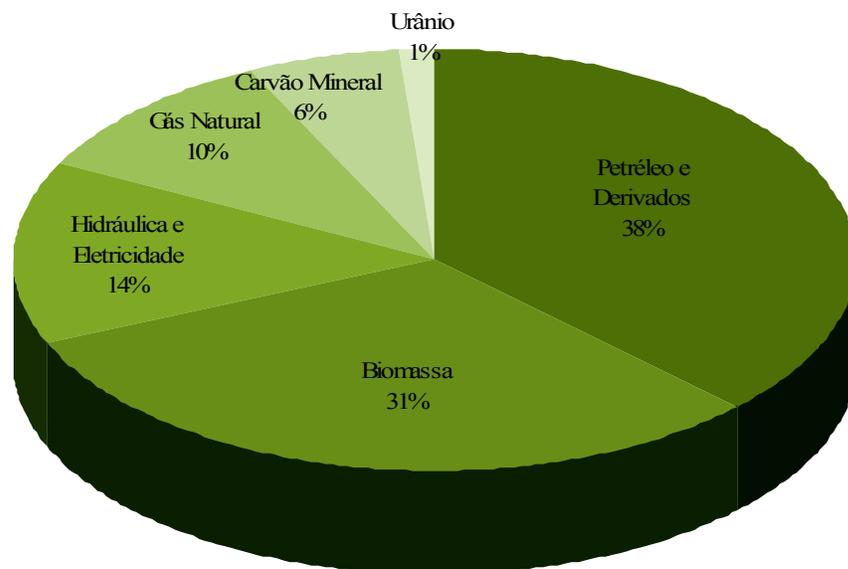


Figura 10. Oferta interna de energia no Brasil em 2008.
Fonte: Adaptado de MME (2009).

O consumo final de energia (CFE) em 2008 atingiu 225,2 milhões de tep (MME, 2009). Os derivados do petróleo, a biomassa, a eletricidade e o gás natural foram as fontes mais consumidas nesse período (Figura 11).

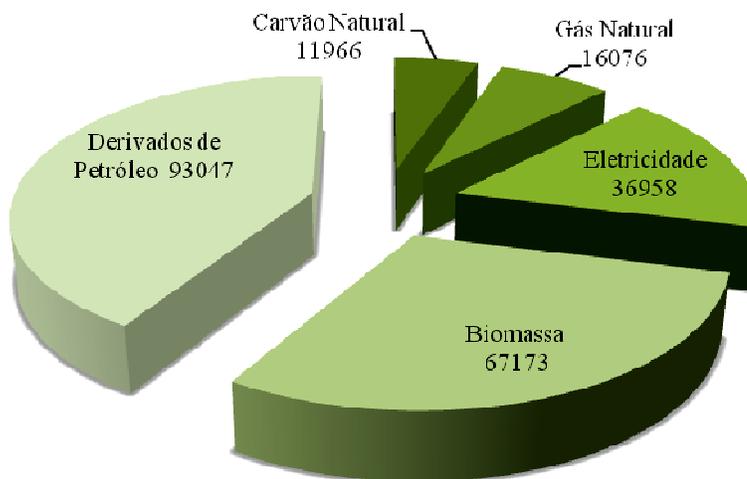


Figura 11. Consumo final de energia por fonte (mil tep) em 2008.
Fonte: Adaptado de MME (2009).

O consumo final utilizando a biomassa como fonte energética, representou um incremento de 6,2% em comparação ao ano anterior. De acordo com o MME (2009), a biomassa apresentou acréscimo em razão, principalmente, do uso térmico do bagaço da

cana na indústria sucroalcooleira (553 milhões t de cana esmagada – 12% de crescimento no setor).

Dentre os setores econômicos brasileiros, o setor industrial e o de transportes foram os que apresentaram os maiores CFE, respondendo por 82,5 milhões de tep e 62,6 milhões de tep, respectivamente (Figura 12).

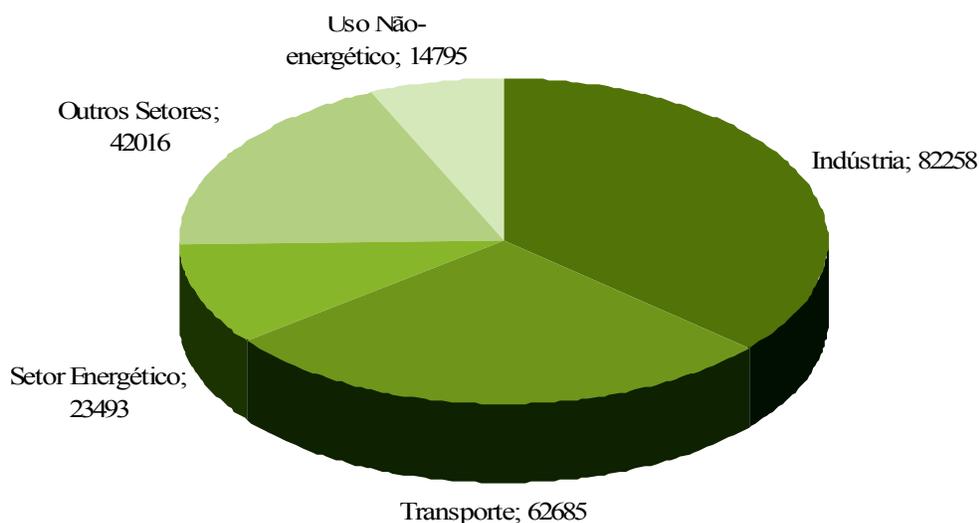


Figura 12. Matriz de consumo final de energia por setor (mil tep) brasileiro em 2008. Fonte: Adaptado de MME (2009).

A matriz energética brasileira é marcada pela diversidade e por ser, em grande parte, baseada em energias renováveis como as de fontes hídricas e de biomassa (carvão, produtos da cana-de-açúcar, biodiesel e outras). A inserção do biodiesel na matriz energética brasileira foi uma importante abertura para um novo mercado energético, não só como divisa para o País, mas, sobretudo, como uma contribuição significativa para mitigação dos efeitos das MCG.

O Brasil está despertando a atenção internacional por sua produção energética renovável (biodiesel e etanol). O País se tornou potência mundial no que se refere à questão energética, enquanto muitos países, especialmente aqueles desenvolvidos economicamente, enfrentam problemas como o consumo energético e as emissões de GEE, decorrentes de fontes poluidoras de energia.

Frente a este cenário é imprescindível o uso de fontes energéticas menos poluentes e renováveis, como: eólica, nuclear, hídrica e solar. Dentre estas, Dias et al. (2009), consideram como vantajosa a agroenergia em relação às demais, pois: é renovável, segura, limpa e socialmente aceitável. Todavia, a melhor escolha deve ser aquela que está apta às particularidades regionais.

3.3. Energia e consumo *per capita* brasileiro

O elevado consumo energético do Brasil começou a ser incrementado a partir do término da Segunda Guerra Mundial, impulsionado pelo expressivo crescimento demográfico, por uma urbanização acelerada, pelo processo de industrialização e pela construção de uma infraestrutura de transporte rodoviário de característica energointensiva (Tolmasquim et al.; 2007; Brasil/MME, 2007).

O consumo energético tem estreita relação com número de habitantes, impulsionado pelo consumo de fontes não-renováveis no País, a partir da década de 1950. Nesse período, o consumo anual era de 15 milhões de tep, com uma população de 41 milhões de habitantes. Trinta anos depois, a população brasileira era de aproximadamente 170 milhões de habitantes, com um consumo de 190 milhões de tep, embora o consumo *per capita* ainda seja considerado baixo em relação aos outros países do mundo, especialmente os desenvolvidos.

O aumento do consumo energético aconteceu em decorrência da ampliação da capacidade de geração de energia nos últimos anos, especialmente com a participação das fontes energéticas renováveis na matriz energética brasileira. Esse fator impulsionou o aumento populacional, o desenvolvimento tecnológico, a melhoria da qualidade de vida, a saída do subdesenvolvimento para a modernização do parque industrial brasileiro, o aumento do padrão de consumo no setor industrial, do transporte e residencial, dentre outros. As quatro fontes principais são: hidráulica e eletricidade, derivados da cana-de-açúcar, lenha e carvão vegetal e outras fontes primárias renováveis. Por outro lado, em razão desses fatores tem se registrado uma série de apagões no País nos últimos anos, requerendo do poder público e da comunidade mudanças no padrão de consumo e implementação cada vez maior de fontes energéticas, de maneira especial às fontes renováveis.

Segundo Cohen (2005) o consumo de energia é uma variável central no comportamento da sociedade, que pode ser medida em razão do crescimento do PIB, do maior acesso a tecnologias (eletrodomésticos, carros, etc), dos modelos de insumo-produto, da relação entre o uso de energia e a produção.

Com objetivo de estimar o consumo da população, o governo brasileiro, por meio do PNE, traçou um cenário para 2030 para uma população estimada em mais de 238 milhões de habitantes, com uma demanda total de energia primária de 555 milhões de tep, ou seja, quase triplicando o consumo de energia em comparação à década de

1980. Por este cenário, a demanda *per capita*, deve evoluir de 1,19 tep/10⁶, em 2005, para 2,33 em 2030 (Figura 13).

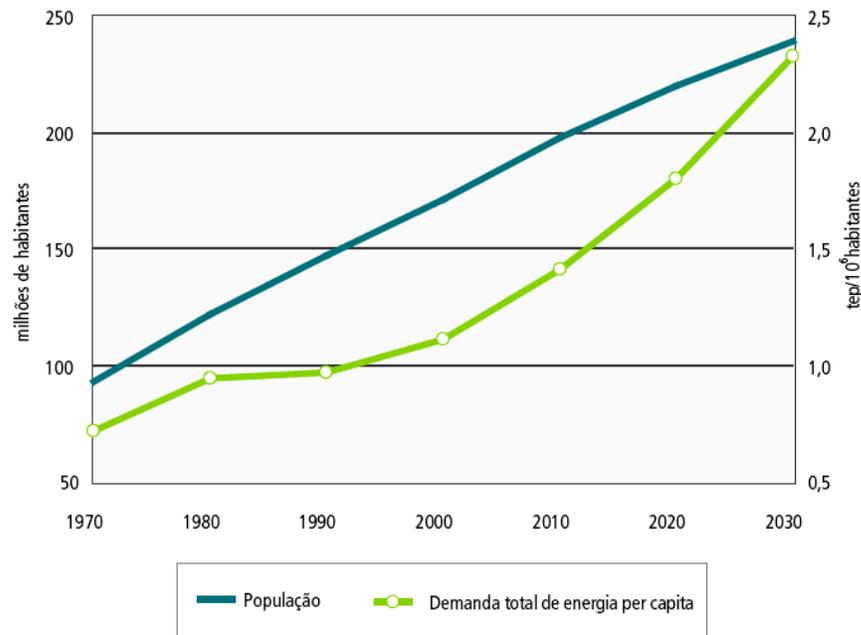


Figura 13. População brasileira e demanda energética *per capita*.
Fonte: Brasil/MME (2007).

O Brasil encontra-se em cenário promissor. O País apresentou uma produção média de 1,854 milhão de barris/dia de petróleo em 2008, 3,46% superior à produção de 1,792 milhão de barris/dia observada no ano anterior. Isso sem mencionar as descobertas recentes de grandes jazidas em águas ultraprofundas, dentre elas a camada pré-sal, além de possuir uma das matrizes energéticas mais limpas do mundo, com grande participação de fontes renováveis.

3.4 Energia renovável: conjuntura brasileira

De acordo com projeções do PNE haverá maior participação de energias renováveis na matriz do País até 2030, e esta tendência deve permanecer nos próximos anos (Brasil/MME, 2007) (Figura 14).

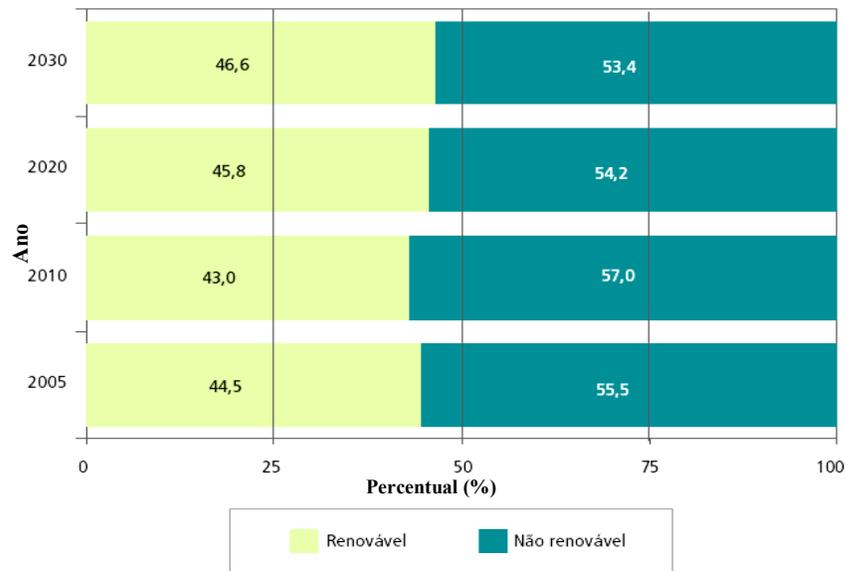


Figura 14. Fontes renováveis e não-renováveis da matriz energética brasileira (%). Fonte: Brasil/MME (2007).

A matriz energética brasileira deve permanecer limpa, comparada ao resto do mundo. Atualmente, a OIE renovável está em torno de 45,4% (114,2 milhões de tep), considerada uma das mais elevadas do mundo. A OIE mundial e da OECD apresentam valor médio de 12,9% e 6,7%, respectivamente (Figura 15).

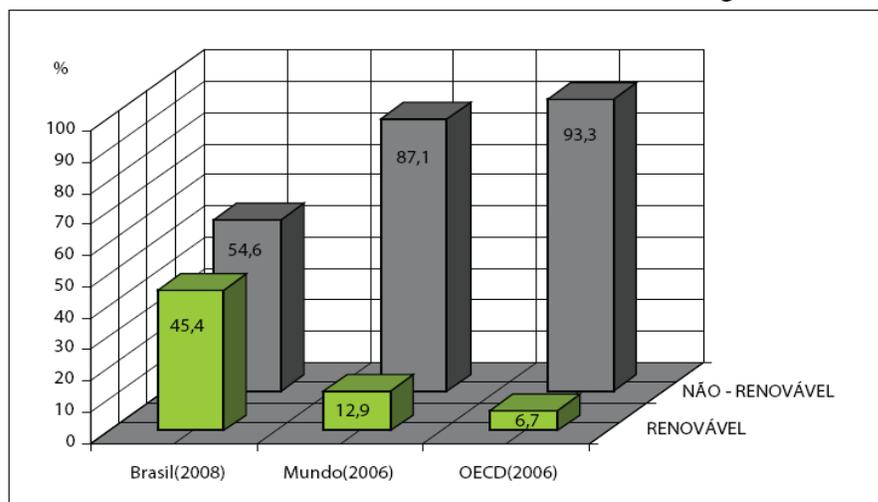


Figura 15. Participação de energia renovável na matriz energética mundial. Fonte: MME (2009).

A expressiva participação da energia hidráulica e o uso ainda representativo de biomassa proporcionam indicadores de emissões de CO₂ bem menores que a média dos países desenvolvidos. No País, a emissão é de 1,44 toneladas de CO₂ por tep da OIE, enquanto nos países da OECD é de 2,32, ou seja, 62% maior.

3.5 Transporte: veículo de desenvolvimento e preocupação

A tendência no crescimento e consumo de bens duráveis, como os automóveis, acarreta preocupação mundial. Eles são dependentes de combustíveis importados, especialmente do petróleo e seus derivados. Para o Departamento de Energia do governo norteamericano, o problema mais grave da indústria do petróleo está associado aos combustíveis líquidos, principalmente aqueles ligados aos setores de transportes. A dependência do petróleo é criticada principalmente nesse setor, que representa 20% do consumo energético total e quase a metade do consumo de petróleo. Sua demanda é atendida em mais de 95% a partir do petróleo (BNDES/CGEE, 2008).

Globalmente, o setor de transporte deve apresentar maior consumo de energia primária, em torno de 52% em 2030, valor superior ao dos dias atuais, que não chega a 50%. A China e a Índia são grandes consumidores de energia primária do setor nos dias atuais e deverão continuar nos próximos anos (Figura 16), conforme cenário projetado pela IEA (2007).

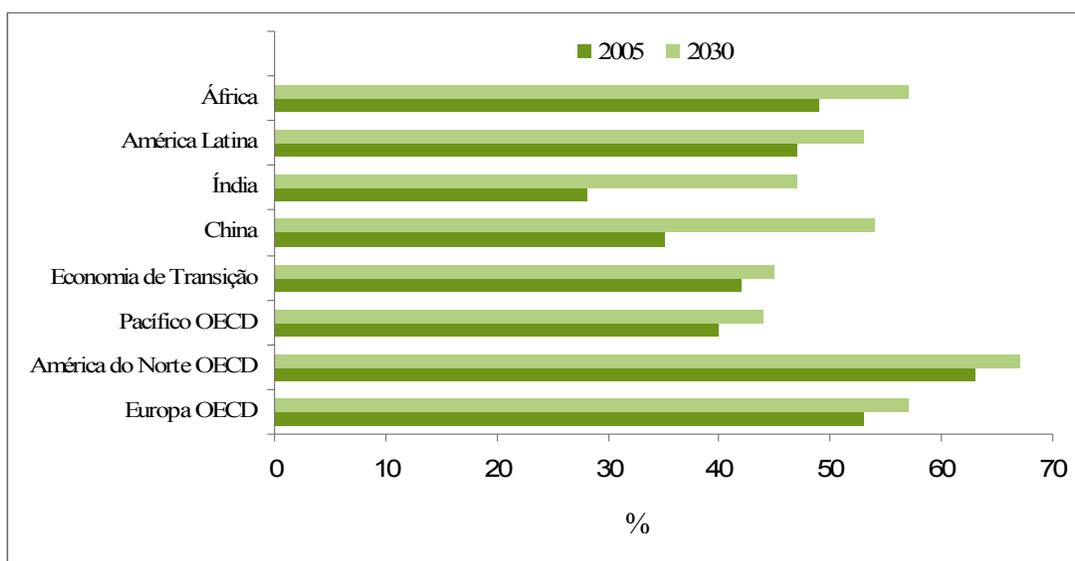


Figura 16. Percentual de demanda de energia primária no setor de transportes por região.

Fonte: Adaptado da IEA (2007).

No Brasil, o consumo de energia no setor de transporte, em 2008, foi de 62,7 milhões de tep (MME, 2009). O modal rodoviário e o aéreo foram os que mais consumiram energia, respondendo por 57,54 milhões de tep (92%) e 2,98 milhões de tep (5%), respectivamente. O modal ferroviário (1%), teve o menor consumo, ou 0,71 milhões de tep (Figura 17).

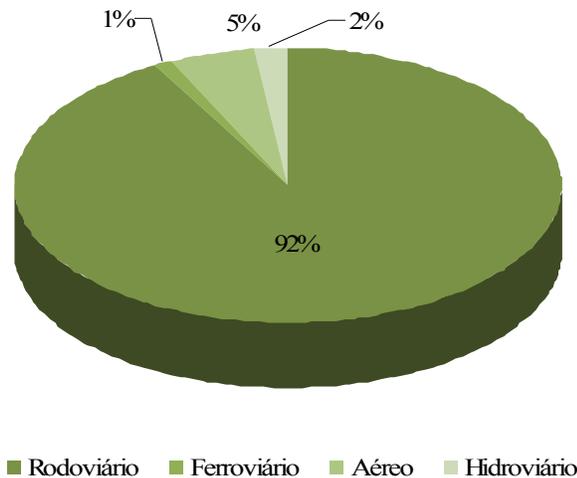


Figura 17. Matriz energética brasileira de transporte por modal em 2008. Fonte: Adaptado de MME (2009).

O petrodiesel foi o combustível utilizado em maior proporção pelo setor de transporte, respondendo por 29,72 milhões de tep, enquanto a gasolina e o álcool se mantiveram na segunda e terceira posição, com 14,53 e 11,16 milhões de tep, respectivamente. Com a criação do marco regulatório de produção e uso de biodiesel no Brasil, o País produziu no ano 2008 um volume de 1.167.099 m³ de biodiesel puro (B100), reduzindo suas importações de petrodiesel, além de constituir uma economia de divisas para o País da ordem de 1 bilhão de dólares (MME, 2009).

Os modais ferroviário e hidroviário foram os que mais perderam participação no setor de transporte, o que não seria recomendável, pois esses apresentam menor consumo de energia por tonelada transportada (MME, 2009). Assim, o governo brasileiro deve rever suas políticas públicas quanto a estes modais importantes no que se refere ao transporte de bens comuns.

A menor dependência do setor de transportes é decisiva para a redução da vulnerabilidade dessa *commodity* (BNDES e CGEE, 2008). De acordo com Fulan-Júnior et al. (2006), o uso dos combustíveis fósseis terá no futuro, uso mais nobre que o veicular. Todavia, energias renováveis, como os agrocombustíveis, devem dar uma contribuição significativa para o setor. Programas, planos e medidas estratégicas específicas são importantes, como aquelas tomadas pelo Brasil, com a implementação recente do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel e a aprovação da Lei 11.097, que introduz o biodiesel na matriz energética brasileira, com a obrigatoriedade da adição de percentuais mínimos de biodiesel ao petrodiesel, sem mencionar o sucesso do etanol brasileiro na frota de carros leves, além da adição de 25% de álcool anidro à

gasolina convencional. É importante ressaltar, também, que medidas estratégicas semelhantes são adotadas por diversos países do mundo, em menor ou maior intensidade. Essas medidas são importantes para garantir a segurança energética dos países, além de reduzir a vulnerabilidade climática mundial frente às MCG ocasionadas pela maior intensidade das emissões de GEE. É necessário, portanto, um processo de reestruturação, não somente no transporte, mas em todos os setores dependentes de energias não-renováveis, de modo a minimizar seus efeitos danosos ao clima.

4. BIOMASSA: fonte de energia e de redução de GEE

Atualmente, diversos países consideram o uso da biomassa para produção de energia e biocombustíveis, especialmente o etanol e o biodiesel, uma alternativa promissora capaz de alavancar o desenvolvimento econômico e preservar o ambiente, por ser fonte renovável e, sobretudo, por contribuir significativamente com a redução de emissões de GEE, pela substituição parcial ou total dos petroderivados. De acordo com o (IPCC, 2007), a queima de combustível fóssil é responsável por aproximadamente 75% das emissões de GEE, de maneira especial o CO₂, os quais são responsáveis pelas alterações climáticas nos últimos tempos. Ainda de acordo com o IPCC, se nenhuma medida for tomada no sentido de reduzir a emissão desses gases na atmosfera, os efeitos perniciosos serão de maior intensidade em diversas partes do globo, e alguns potencialmente inevitáveis.

Segundo Dias et al. (2009), a humanidade passou por três saltos evolucionários extraordinários. O primeiro deles foi a descoberta do fogo, há aproximadamente 500 mil anos, o segundo foi o surgimento da agricultura e o terceiro a descoberta da máquina a vapor. A partir do primeiro salto revolucionário se inicia a extensão do período luminoso, quando se utilizou o fogo para a queima de biomassa. Portanto, a biomassa é utilizada como fonte energética há centenas de milhares de anos, ainda que de modo incipiente, contribuindo de forma singular para o desenvolvimento da humanidade e dos setores econômicos globais.

A produção de energia a partir da biomassa (agrícola, silvícola, entre outras) deve apresentar um aumento importante significativo nos próximos anos. Já se observa a inclusão gradativa desta fonte na matriz energética mundial em diversos países, notadamente no Brasil, na Alemanha, na Itália, na França e em países da União Européia (IEA, 2007). Por meio da biomassa, pode-se produzir agrocombustíveis para

obtenção de calor, potência e energia elétrica, além da produção de alimentos, para os homens e animais (Figura 18). A biomassa também é fonte de matéria-prima para a indústria farmacêutica e cosmética, dentre outras finalidades, principalmente por meio do fornecimento da glicerina, resultante da reação de transesterificação de triglicéridios em ácidos graxos. Recentemente, ela está sendo utilizada para produção de etileno (eteno) e polietileno com o etanol produzido a partir da cana-de-açúcar, antes fabricados com o uso de petroderivados.

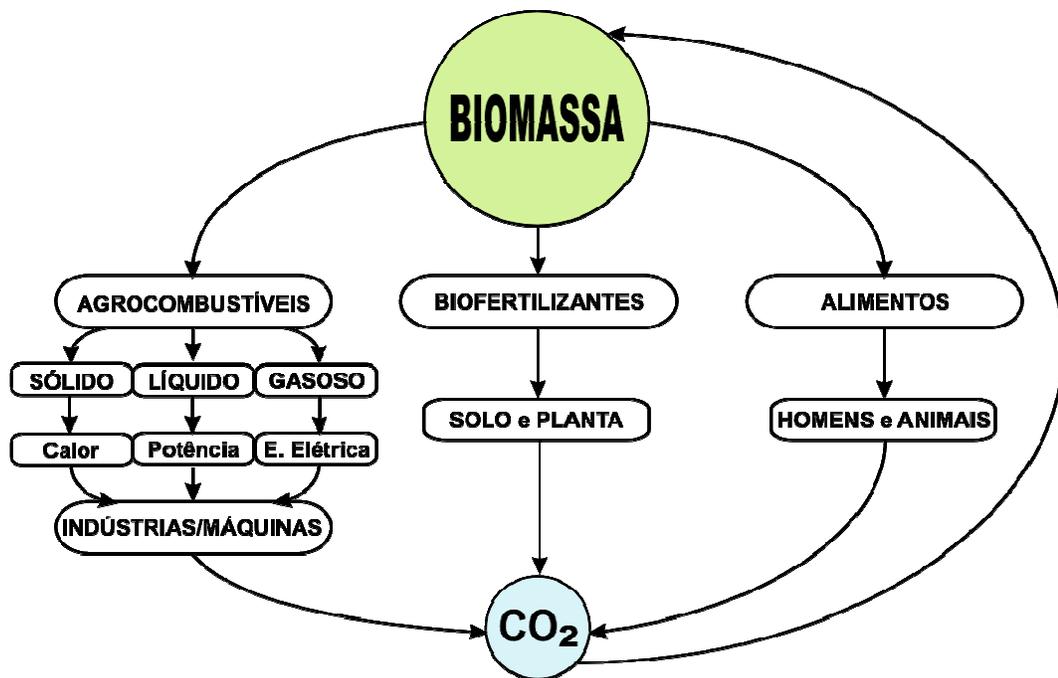


Figura 18. Ciclo da produção sustentável a partir da biomassa.

A produção de energia a partir de biomassa apresenta grande valor, pois gera novos postos de trabalho, especialmente no local, e promove redução de GEE, em especial de CO_2 . Segundo Dias et al. (2009), todo o CO_2 produzido na queima dos agrocombustíveis é reabsorvido nos plantios subsequentes (Figura 18). Ele ainda é absorvido pelas plantas energéticas perenes, como é caso do dendê, da macaúba e do pinhão manso. A biomassa tem participação importante na matriz energética brasileira, superada apenas pelo petróleo e seus derivados (MME, 2009). O Brasil certamente ocupa lugar de destaque na produção de biomassa, tanto para fins energéticos quanto alimentícios, contribuindo para redução da fome, garantindo a segurança energética. O País é exemplo para outros, quanto à produção de alimentos e energia, principalmente para os países mais pobres, localizados na África, na Ásia e na América Latina.

4.1 Agroenergia: nova energia mundial

A agroenergia é praticada desde os tempos remotos, no entanto ela vem apresentando maior eficácia após o anúncio da previsível exaustão das fontes não-renováveis de energia e a compreensão dos efeitos negativos das MCG. A agroenergia pode ser definida como a energia produzida a partir da agricultura. Todavia, ela também é considerada em um sentido mais amplo.

A agroenergia é obtida a partir de espécies florestais, resíduos orgânicos, agrícolas, urbanos e industriais (Figura 19). Os agrocombustíveis, como o bioetanol e o biodiesel são utilizados em maiores proporções pelos EUA, pelos países europeus e pelo Brasil. Os agrocombustíveis podem ser líquidos, sólidos ou gasosos, fabricados a partir de produtos agrícolas (milho, soja, cana-de-açúcar, caroço de algodão, girassol entre outros), biomassa florestal e/ou de fontes orgânicas (lixo orgânico, resíduos de suinocultura, esgoto tratado e algas).

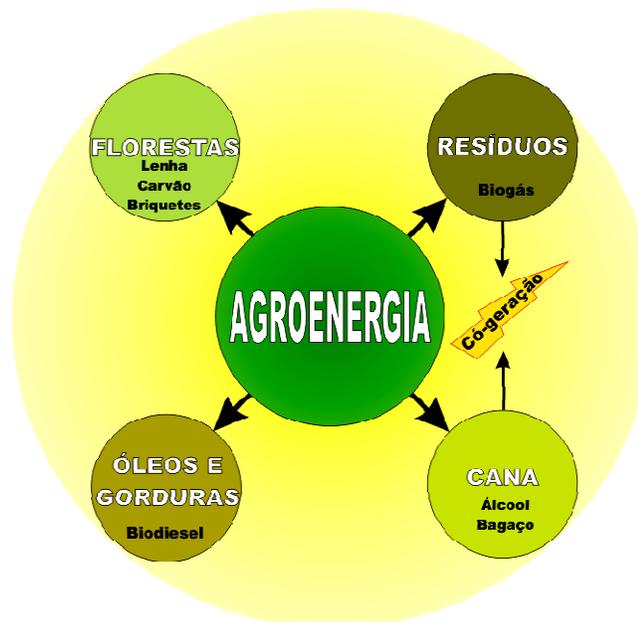


Figura 19. Potencial de produção de diferentes formas de energia a partir da agroenergia.

Os agrocombustíveis líquidos como o etanol e o biodiesel podem ser usados integralmente ou misturados aos petroderivados, em veículos de transportes como: carros leves, caminhões, tratores e recentemente motos e aviões (por exemplo avião agrícola Ipanema, fabricado pela Embraer). Todavia, o biogás, quando purificado, pode

atingir o nível de gás natural e ser aproveitado de forma semelhante no setor de transporte. Tradicionalmente, a agroenergia é aplicada em processos de co-geração de energia, utilizada especialmente pelo setor industrial. Nos últimos anos, ela transformou-se em um dos principais estímulos de investimentos na produção de energia a partir do bagaço da cana-de-açúcar (Aneel, 2008a). O termo co-geração representa a produção de duas ou mais fontes energéticas por meio de um único processo de geração de energia.

A América Latina, a África e a Ásia, bem como o Caribe, são as regiões mais pobres do mundo. Os países dessa região podem ter papel fundamental na resolução dos problemas atuais de segurança energética, promoção social e redução da vulnerabilidade às MCG. Cabe ressaltar que é esta população a mais vulnerável aos efeitos desse fenômeno.

Um dos maiores desafios dos programas de fabricação de agrocombustíveis é a produção da matéria-prima, uma vez que o processo exige disponibilidade de terra, tecnologia agrícola e envolve as incertezas climáticas típicas da agricultura (Severino, 2007). Para Dias et al. (2009), a agroenergia pode ser explorada por boa parte dos países do globo, em especial por aqueles da faixa intertropical (Figura 20). Mais de 100 países têm vocação natural para produzir agrocombustíveis de forma sustentável e democrática, promovendo uma nova era energética para o mundo e, ao mesmo tempo, com oferta de energia limpa, segura e barata, aceita pelo mundo e pela sociedade, nos seus diversos segmentos. A nova era energética é designada apropriadamente por Parente (2003) como “Era Tropical.”

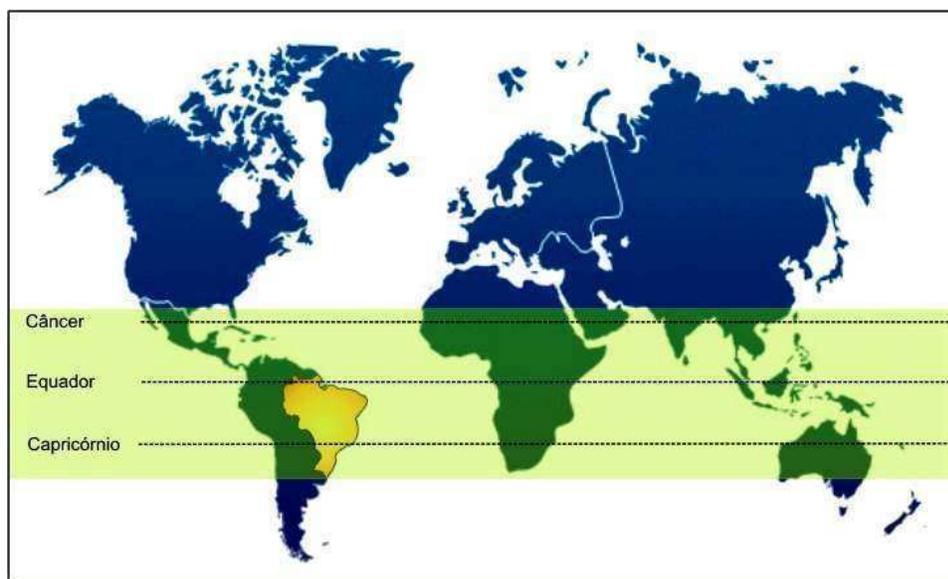


Figura 20. Região intertropical: área potencial para produção de energia renovável proveniente do sol. Fonte: Dias et al. (2009).

Os países mais pobres, de acordo com diversos fatores, apresentam um grande potencial em suprir o mundo com a produção de energia renovável, contribuindo com a segurança energética, promoção social, geração de riquezas, emprego e renda. Estima-se que são gerados de 10 a 20 vezes mais empregos na agricultura de energia, comparativamente à cadeia do petróleo. Dessa forma, a agroenergia representa estratégia fundamental para o equacionamento de alguns dos desafios mundiais citados. A agroenergia também tem papel importante na redução do aquecimento global, pois reduz as causas a ele associadas. De acordo com Monteiro (2007), a produção de agroenergia pode envolver as comunidades agrícolas, especialmente as mais vulneráveis pelos processos de desenvolvimento vigente e, ao mesmo tempo, permitir a redução da vulnerabilidade aos impactos das alterações climáticas especialmente sobre as populações rurais. A agroenergia apresenta, ainda, benefícios como o fortalecimento da zona rural e a promoção da independência de importação de fontes energéticas, uma vez que tem origem na agricultura e na silvicultura (Scholz et al., 2008).

Neste novo cenário, o Brasil é o País com maior potencial individual de geração de energia renovável no agromercado internacional. O País tem uma série de vantagens (Brasil/MME, 2007): i) possibilidade de dedicar novas terras à agricultura de energia, sem necessidade de reduzir as áreas utilizadas na agricultura de alimentos, com impactos ambientais circunscritos ao socialmente aceito, de maneira especial, nas áreas do Cerrado, com grandes áreas ainda a serem exploradas ou passíveis de serem recuperadas (degradadas); ii) situa-se, predominantemente, nas faixas tropical e subtropical, recebendo durante o ano inteiro intensa radiação solar (base da produção da agroenergia) (ver Figura 20); iii) apresenta ampla diversidade de plantas energéticas; e iv) possuidor de recursos naturais em abundância, na opinião de vários especialistas, talvez o mais importante, sejam os recursos hídricos. O País tem posição privilegiada no mundo em relação à disponibilidade desse recurso; pois responde pela quarta maior reserva de água doce do planeta, ou seja, aproximadamente 12% do total global de água doce (Shiklomanov, et al., 2000). A disponibilidade de água no Brasil depende em grande parte do clima (Marengo, 2008).

O gerenciamento dos recursos hídricos deve ganhar atenção especial, tanto do governo, quanto dos setores econômicos, principalmente da agricultura, bem como da comunidade em geral, principalmente, com o advento das MCG. Marengo (2008) reporta que grande parte dos países menos desenvolvidos enfrenta períodos incertos e irregulares de chuvas, e no futuro as mudanças climáticas deverão tornar a oferta de água cada vez menos previsível. As MCG tem sido apontadas como influenciadoras da

variabilidade e da disponibilidade de água, comprometendo tanto sua qualidade como a sua quantidade. Evidências científicas apontam para o fato de que as mudanças climáticas representam um sério risco para os recursos hídricos no Brasil (Marengo, 2008). Portanto, economizar e gerenciar de forma adequada esse recurso é fundamental para a sobrevivência dos que habitam o planeta, uma vez que a falta e a escassez de água coloca em risco a humanidade e toda a cadeia que dela faz parte ou não.

Segundo Dias (2008a), o Brasil é detentor da melhor tecnologia agrícola do mundo tropical e da maior área agricultável, algo como 350 milhões de hectares, já aberta, permitindo assim a preservação das florestas nativas remanescentes, além de outros fatores que tornam o País competitivo em agroenergia. O Brasil possui potencial para extrair bioetanol, biodiesel e bioquerosene. Entretanto, esse cenário é bem diferente na maioria das nações, que não possuem diversidade de espécies energéticas, recursos hídricos abundantes, áreas agricultáveis disponíveis e tecnologias agrícolas, limitando-se esses países a produzir alimento e energia para atender apenas as suas demandas, que são crescentes.

O Brasil possui, ainda, larga experiência no setor de agrocombustível, com a produção de etanol e, recentemente, de biodiesel. A maior participação da agroenergia na matriz energética dos países propicia a oportunidade de executar políticas no âmbito social, ambiental e econômico. Todavia, deve-se considerar a viabilidade econômica da agroenergia, seus custos e sua eficiência em relação ao preço do petróleo, embora ela represente valor intangível. Exemplo interessante é o da Alemanha que utiliza na sua matriz energética o biodiesel puro (B100) produzido a partir de canola.

De acordo como o Plano Nacional de Agroenergia (2006-2011), o nivelamento entre o preço do álcool e o da gasolina (sem tributação) ocorre quando a cotação do barril de petróleo oscila entre US\$ 30,00 e US\$ 35,00 (PNA/MMA, 2006). O biodiesel, por ser uma tecnologia considerada imatura, terá relação de paridade com o barril a US\$ 60,00. Isso ocorre em razão do menor custo do barril do petróleo e/ou do aumento do preço da matéria-prima utilizada no processo de fabricação do biodiesel, aumentando o valor do combustível na bomba dos postos revendedores (Figura 21). Entretanto, essa diferença poderá ser ajustada nos próximos anos.

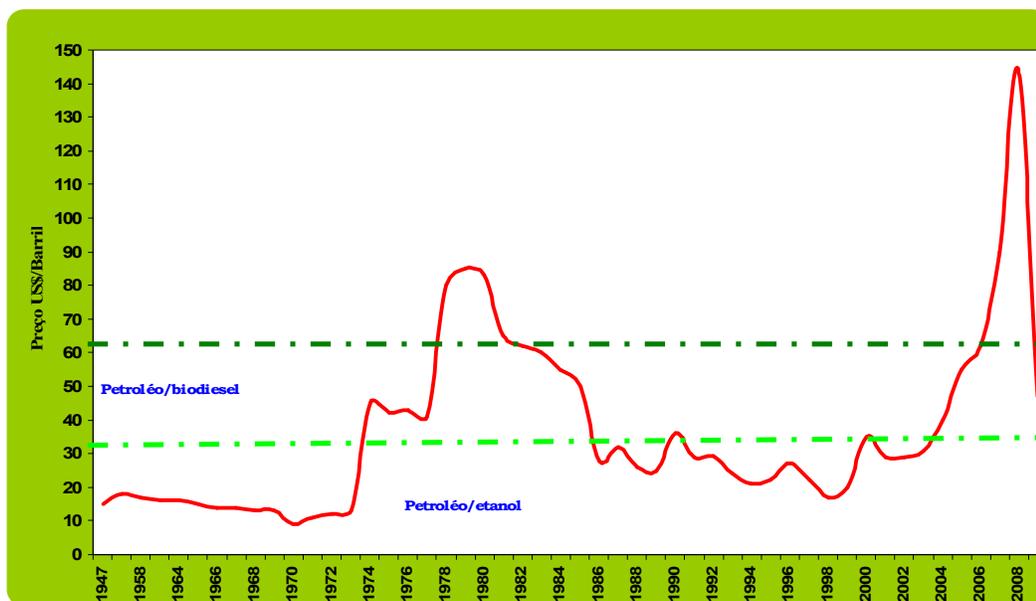


Figura 21. Paridade do agrocombustíveis em relação ao preço do barril do petróleo.

Fonte: Adaptado de Gazzoni (2006).

Segundo o ex-ministro da agricultura, Luís Carlos Guedes Pinto, o investimento em pesquisa é a base para o desenvolvimento de tecnologias de produção agrícola, permitindo a identificação de plantas mais aptas e sistemas de produção mais eficientes, tanto no campo quanto na indústria, para a transformação da matéria-prima em agrocombustíveis. Apesar de o Brasil ser líder mundial na geração de energias renováveis, na implantação da moderna tecnologia de agricultura tropical e possuir uma pujante agroindústria, com destaque para o etanol (Brasil/MME, 2006), são necessários maiores investimentos em pesquisa, no setor público e privado, para a consolidação da cadeia dos agrocombustíveis no cenário nacional e internacional, principalmente da cadeia do biodiesel.

O Brasil, por meio da ANP, pretende investir em pesquisas na área de biodiesel utilizando parte de seus recursos, antes destinados apenas às empresas petrolíferas. Em 2009, a Agência pretende acelerar o processo de redução da dependência do País que tem a soja como a principal matéria-prima para a produção do biodiesel. Ela deve investir em outras culturas energéticas, dentre elas o pinhão manso (Biocombustível em Foco, 2009). De acordo com Instituto Interamericano de Cooperação para Agricultura – IICA, a ANP, recolheu, em 2008, cerca de R\$ 950 milhões, ou seja, 1% da receita das petrolíferas. Atualmente, a soja é a principal matéria-prima para produção do biodiesel (74%). Entretanto, esse cenário vem mudando com a consolidação do PNPB. Antes a

soja representava um percentual de 98% como matéria-prima na produção de biodiesel. Hoje, observa-se a abertura para outras matérias-primas, como o sebo bovino, os óleos de algodão, mamona e dendê e até mesmo pinhão manso. Este último é visto com grandes expectativas pelos setores públicos e privados, pois a cadeia da soja encontra-se consolidada e com preços regulados pelo mercado internacional.

O interesse mundial pelos agrocombustíveis foi notado pela grande representação de países estrangeiros na Conferência Internacional sobre os Biocombustíveis. O tema foi debatido com responsabilidade na Conferência realizada em de 16 a 18 de outubro de 2008. O evento contou com a presença de mais de 90 delegações e 24 organizações, procedentes de diversas partes do mundo. A temática central do encontro foram os agrocombustíveis, englobando cinco grandes temas: a segurança energética, as mudanças climáticas, o mercado internacional, o desenvolvimento sustentável e as inovações dos agrocombustíveis. Para o ex-ministro da Agricultura, Pecuária e Abastecimento Roberto Rodrigues, a discussão sobre a agroenergia foi um marco mundial, pela abertura da agenda política mundial, notada pela participação das diversas delegações presentes no evento. Segundo ele, a agroenergia possibilita uma importante mudança social, ecológica e econômica, reduzindo as diferenças entre ricos e pobres e, sobretudo, proporcionando a paz entre os povos.

Durante o evento, o Brasil demonstrou interesse em ajudar outros países, pela difusão das suas tecnologias de biocombustíveis, na forma direta ou indireta. Ele ainda convocou os países mais ricos a ajudar os mais pobres. Entretanto, isso só será possível se os países desenvolvidos eliminarem os dois principais obstáculos do setor: a prática de subsídios e as barreiras tarifárias. É primordial a união dos países produtores de agrocombustíveis para a consolidação desse novo mercado energético.

Os maiores produtores de agrocombustíveis, ou seja, União Européia, Brasil e EUA, já estão se mobilizando neste sentido. Para consolidação do agromercado, é necessário que mais países produzam, consumam e exportem esses agrocombustíveis. No entanto, nota-se a resistência dos países desenvolvidos com argumentos inadmissíveis, a exemplo da discussão sobre a disputa entre os agrocombustíveis e a produção de alimento recentemente, além de ataques ofensivos, desqualificando a produção desse combustível, principalmente direcionados ao Brasil. A amplificação da produção sustentável dos agrocombustíveis deve ser pautada em investimento em

pesquisa, regionalização do desenvolvimento, dentre outros fatores, para se atingir o pleno sucesso de forma equitativa.

No caso do Brasil, a discussão sobre os agrocombustíveis e a escassez de alimentos não procede. Após a aprovação do programa do governo (PNPB), o País apresentou um aumento da produção de grãos de soja, milho, girassol, dentre outras espécies oleaginosas, incrementando a oferta de subprodutos no mercado e impulsionando o agronegócio brasileiro. Por outro lado, a produção de etanol nos EUA, a partir do milho, contribuiu para as especulações e o aumento dos preços dos alimentos no mundo. Aliado a isso, outras questões mercadológicas influenciaram os preços dos alimentos, como a crise do petróleo (preços US\$ 145/barril), alta dos fertilizantes, maior demanda energética da China, da Índia e do Japão, além dos baixos estoques reguladores de grãos registrados no mercado global. Os estoques mundiais de grãos estão sendo reduzidos gradativamente. Um dos motivos apontados para isso são as alterações climáticas, em consequência das secas prolongadas ou dos excessos de chuvas nas regiões produtoras, causando perdas que são sentidas em todas as regiões do globo. Com isso, as seguradoras de safras agrícolas acumulam bilhões em prejuízos.

Em 2008, o Estado de Santa Catarina, foi mais uma das vítimas desse fenômeno. Segundo a Federação da Agricultura e Pecuária do Estado de Santa Catarina (FAESC), as perdas causadas pelos distúrbios climáticos em diversas regiões catarinenses somam cerca de R\$ 500 milhões. As culturas mais atingidas pelas enchentes e pelos deslizamentos no estado foram o arroz, o trigo, o feijão, a banana, a cebola, o fumo, as hortaliças, o mel, o milho e a soja (Bedin, 2008). A Federação estima, ainda, prejuízos na pecuária de corte, de leite, e na produção de frango. Até mesmo acontecimentos isolados podem contribuir significativamente com o aumento dos preços dos alimentos, tornando os países mais vulneráveis aos efeitos das MCG. Assim sendo, as questões das MCG devem ser cada vez mais discutidas nas reuniões da agenda política mundial, independentemente da importância histórica dos seus efeitos.

A adoção dos agrocombustíveis é um desafio ao desenvolvimento dos países, notadamente os mais vulneráveis, pois é imprescindível para redução dos impactos negativos das MCG, para a garantia da segurança energética local, nacional e global. Duas vertentes, igualmente importantes para a sobrevivência da humanidade, são os bens de consumo e serviços, totalmente dependentes de energia. Na opinião do atual Presidente da República do Brasil, os agrocombustíveis não resolverão totalmente os problemas energéticos, ambientais e sociais do mundo, mas com certeza minimizarão

seus efeitos, pela geração de uma nova economia mundial, sobretudo, pela geração de energia rápida e barata.

4.1.1 Brasil: um olhar sobre o Plano Nacional de Agroenergia

Em 2005, foram criadas diretrizes de política de agroenergia (2006-2011) no País, visando, em curto e médio prazos, maior participação da energia renovável na matriz energética brasileira, com maiores investimentos na pesquisa, geração de empregos e renda e desenvolvimento tecnológico, além de reduzir importações de petroderivados e se preparar para atender parte da crescente demanda mundial por combustíveis renováveis.

A partir de 2006, com criação do Plano Nacional de Agroenergia — PNA (2006-2011), o governo brasileiro vem incentivando o cultivo de várias espécies oleaginosas, com objetivos de: i) aumentar a competitividade do agronegócio brasileiro e dar suporte a determinadas políticas públicas, como a inclusão social, pela inserção de agricultor, especialmente de base familiar, na cadeia produtiva do biodiesel; ii) garantir a interiorização e a regionalização do desenvolvimento, baseados na expansão da agricultura energética e a na agregação de valor nas cadeias produtivas ligadas a ela e, sobretudo, iii) atender às exigências ambientais.

O PNA visa, adicionalmente, estabelecer marco e rumo para as ações públicas e privadas de geração de conhecimento e de tecnologias que contribuam para a produção sustentável da agricultura de energia e para o uso racional da energia renovável. O plano ainda prevê apoio à pesquisa, e à transferência de tecnologia para garantir a sustentabilidade e a competitividade da agroenergia, por meio de arranjos institucionais e estruturais do novo setor energético. A criação da unidade Embrapa Agroenergia é um marco importante e deriva do PNA.

5. ANTECEDENTES DO USO DOS AGROCOMBUSTÍVEIS NO MUNDO E NO BRASIL

O uso de óleos vegetais e de gorduras animais e seus derivados como combustíveis para motores do ciclo diesel já foi pesquisado antes mesmo da primeira

crise energética mundial em 1973 (Knothe, 2006). Na ocasião, a pesquisa obteve grande sucesso.

Em 1900, durante uma exposição internacional em Paris, a Companhia Francesa Otto demonstrou o funcionamento de um motor de ciclo diesel. Este motor foi idealizado por Rudolf Diesel. Segundo Knothe (2006), ao contrário do que é vinculado por alguns autores ou pela mídia de forma errônea, Rudolf construiu a máquina a partir de um ponto de vista termodinâmico e não exclusivamente para utilizar óleos vegetais como combustível como se divulga. O motor apresentado foi construído para consumir petrodiesel, porém foi abastecido com óleo de amendoim. Sem sofrer modificações o motor funcionou adequadamente com aquele óleo vegetal, e com aproveitamento similar ao petrodiesel. Esse prodígio não foi percebido pela maioria dos participantes do evento. Conforme relatos de Rudolf Diesel (Knothe, 2006), a idéia de experimentar óleos vegetais como combustíveis para motores partiu do Governo Francês. No evento, a companhia francesa apresentou o motor operando com óleo de amendoim a pedido do governo local francês, já que essa espécie era produzida em larga escala, principalmente nas colônias africanas. A França tinha como objetivo produzir energia local, empregando recursos próprios, de modo a promover sua independência energética.

A nova experimentação possibilitava o uso de uma máquina independente e com características ideais para os trópicos (Knothe, 2006), ou seja, produzir agroenergia localmente, menos dependente de importação de petróleo e seus derivados, além de promover o desenvolvimento do País. No entanto, mudanças políticas, alto custo da matéria-prima, dentre outros fatores, inviabilizaram o projeto. Todavia, esta descoberta foi inovadora para aquela ocasião, principalmente se considerando o futuro. Para Rudolf Diesel essa tecnologia permitia a independência energética, por possibilitar a geração de energia a partir do sol, mesmo quando os estoques dos combustíveis fósseis estivessem esgotados (Knothe, 2006).

Ao longo do século XX, foi relatado o uso de diversas espécies oleaginosas como matéria-prima para geração de energia, dentre elas o óleo de palma, o que foi demonstrado, já nesta época, a preocupação dos líderes governamentais quanto à independência energética dos países. Segundo Furlan-Júnior et al., (2006), em 1920, o Brasil realizou suas primeiras experiências com óleos vegetais, utilizando óleo de palma, amendoim e algodão em motores de ciclo diesel. Em 1940, instituições governamentais iniciaram ensaios com diversas espécies oleaginosas para produção de biodiesel, ou mesmo como lubrificantes. Os óleos vegetais eram utilizados principalmente em ocasiões emergenciais, a exemplo da Segunda Guerra Mundial.

As transformações ocorridas no mundo no período pós-segunda guerra mudaram por completo os hábitos de consumo, os processos de trabalho e os sistemas de produção, acarretando modificações na distribuição espacial das atividades econômicas e nas configurações geográficas e geopolíticas (Okada e Aguiar, 2007).

Neste período, havia uma grande preocupação com a insuficiência de derivados de petróleo e especulações sobre a falta deste nos EUA e isso abriu caminhos para o desenvolvimento de projetos sobre o uso de misturas binárias, ou seja, para os agrocombustíveis em adição aos petroderivados.

As primeiras experiências com o uso comercial do biodiesel na Europa surgiram durante a Segunda Guerra Mundial, com patente belga de 1937 (Ratmann et al., 2005), registrada (nº 422.877) pelo pesquisador Gerhard Chavanne, considerado o inventor do biodiesel.

Em 1940, diversas instituições de pesquisa do mundo iniciaram experimentos para a produção de biodiesel a partir da tecnologia de Gerhard Chavanne com resultados animadores. Ao longo do tempo, buscou-se o aprimoramento da tecnologia, com objetivo de reduzir a formação de sabão e outros aspectos negativos inerente à sua produção.

Entre 1939 a 1945, foram reportados inúmeros registros de uso comercial na frota de guerra de combustíveis obtidos a partir de óleos vegetais (Ratmann et al., 2005). Entretanto, com fim do conflito, o preço do petróleo se normalizou e a produção de biodiesel estagnou. Com advento da crise energética de 1973, a produção do agrocombustível foi retomada, com a preocupação da segurança energética. Isto levou a um movimento de conscientização de todas nações sobre a crise do petróleo e a necessidade da conservação de energia, do resgate das fontes alternativas (biomassa) e, ainda, da investigação de novas fontes, principalmente as renováveis (Parente, 2003).

Apesar de a crise ser mundial, ela trouxe uma oportunidade ímpar a alguns países, como o Brasil, ao tentar superá-la. Todavia, na linha do tempo, os programas oficiais passaram por dificuldades. Por outro lado, sua constituição foi importante para o amadurecimento tecnológico e ideológico dos agrocombustíveis. A presença deles na matriz energética global representa significativos progressos na direção da segurança energética e redução de emissões de GEE. Cabe ressaltar que os movimentos populares, não somente políticos, tiveram contribuição importante nesse processo.

A partir da década de 1980, com sucessivas crises energéticas causadas pela OPEP, pesquisadores e governantes de todo mundo retomaram a procura por novas fontes alternativas de energia, especialmente aquelas renováveis, para substituir o

petróleo e seus derivados, voltando a cena o biodiesel como a principal alternativa ao petrodiesel. Em 1973, com o advento do choque do petróleo, o governo brasileiro implantou o Programa Nacional do Álcool (PNA), que passou a ser denominado posteriormente como Proálcool. Embora existam controvérsias sobre o verdadeiro motivo da criação do plano, para Parente (2003), a motivação original do Proálcool foi a crise no mercado internacional do açúcar que, coincidiu com o cenário de escassez de petróleo. O Proálcool foi um programa de sucesso de substituição parcial do petróleo e seus derivados por etanol hidratado. Este programa foi criado com objetivo de reduzir a dependência da importação de petróleo, por meio do abastecimento extensivo dos veículos movidos à gasolina e, anos mais tarde, dos carros com tecnologia bicomustível conhecida como *flex fuel*. Ressalta-se, entretanto, que o programa não tinha preocupações de caráter ambiental e social na ocasião.

Com o Proálcool, o Brasil resolveu parte do problema, no caso o abastecimento dos veículos leves. No entanto, caminhões pesados, navios e trens dependiam do petrodiesel para realizar o transporte de bens industriais e de serviços, setores bastante dependentes de importações. Estima-se que, em 1980, o consumo de óleo diesel foi de 3,5 bilhões de litros, favorecendo o aumento dos custos dos produtos agrícolas na época (Furlan-Júnior et al., 2006). Mediante esse quadro, o governo brasileiro instituiu o Programa de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos (Proóleo). O programa foi elaborado pela Comissão Nacional de Energia, por meio da Resolução nº 7, de 22 de outubro de 1980. O Proóleo tinha como objetivo gerar excedentes de óleos vegetais que tornassem seus custos de produção competitivos com os petroderivados por meio da regulamentação de misturas binárias de óleo vegetal (30%) ao diesel de petróleo e substituição integral desse combustível em longo prazo. É importante salientar que as misturas binárias são acrônimos, exemplo B5, que representa 5% de biodiesel ao petrodiesel, e assim sucessivamente. Diversas instituições de pesquisa de domínio público e privado iniciaram uma ampla experimentação, utilizando matéria-prima convencional e não convencional (pinhão manso, macaúba, babaçu, dentre outras plantas oleaginosas), além de novas tecnologias (teste desempenho das máquinas) e processos, que pudessem representar soluções na substituição parcial ou total do petrodiesel. A maioria dos testes era subsidiada com recursos da união.

Dentre as instituições de pesquisa, o Núcleo de Fontes Não-Convencionais de Energia, da Universidade Federal do Ceará (UFC), coordenado pelo Professor Expedito Parente, merece destaque. O grupo coligou vários pesquisadores vocacionados para biotecnologia disponíveis na instituição, o que lateralmente gerou interesse e

consciência no meio acadêmico local e internacional sobre o uso da biomassa para fins energéticos e alimentar (Parente, 2003). Em 1980, o Professor Expedito Parente registrou a primeira patente (PI – 8007957), em nível mundial, de produção do biodiesel e do querosene vegetal de aviação pelo processo de transesterificação, requerida no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI). Esse registro tornou-se de domínio público. No dia 30 de outubro daquele ano, foi anunciado o Prodieisel, que seria conhecido posteriormente como biodiesel, um combustível constituído por uma mistura de ésteres lineares de ácidos graxos obtidos a partir de óleos vegetais através da reação de transesterificação (Parente, 2003).

Ao final de 1986, os preços de mercado do petróleo e seus derivados voltaram a regredir. Em contrapartida, os programas oficiais de agrocombustíveis começaram a ser abandonados, por serem antieconômicos, em comparação aos petroderivados. Neste cenário desfavorável foi extinto o Proóleo no Brasil. Por outro lado, as pesquisas não cessaram completamente, sendo replicadas de forma pontual em alguns estados brasileiros.

Atualmente, a produção de biodiesel surge em um panorama global mais favorável, e seguramente com ótimas chances de se manter na matriz energética mundial como fonte renovável. O biodiesel surge como produto estratégico para duas vertentes igualmente importantes: a segurança energética e a redução do aquecimento global, pela menor emissão de GEE para a atmosfera.

5.1 Biodiesel: fonte energética e mercadológica

O biodiesel é um combustível renovável, biodegradável, livre de enxofre e de compostos aromáticos, produzido predominantemente por meio de uma reação de transesterificação (Figura 22). Ele é resultante da reação química entre os triglicerídeos (óleos ou gorduras animais ou vegetais) e um álcool de cadeia curta (metanol ou etanol) e um catalisador, produzindo ésteres graxos (biodiesel) e o glicerol, como um co-produto (Parente, 2003). Embora o biodiesel seja produzido a partir de diferentes matérias-primas, ele deve atender às especificações da ANP estabelecidas pela Resolução nº 07/2008.

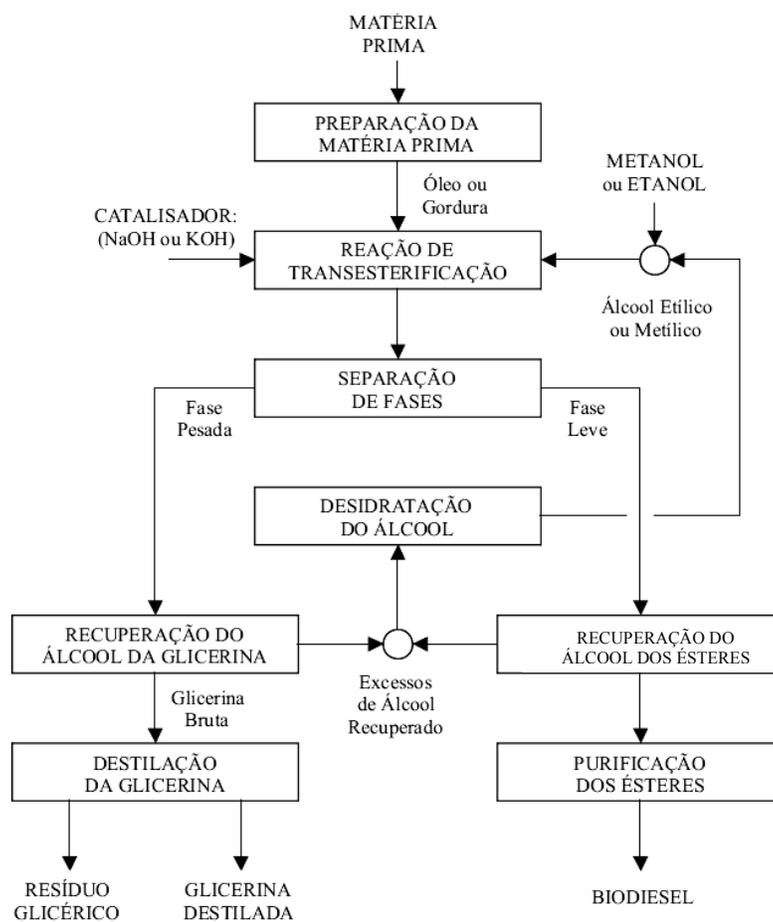


Figura 22. Ciclo de produção de biodiesel pelo processo de transesterificação. Fonte: Parente (2003).

O biocombustível pode substituir total ou parcialmente o petrodiesel em motores de ignição por compressão tanto automotivos quanto estacionários, sem exigir qualquer alteração, neles por ser miscível e físico-quimicamente semelhante ao petrodiesel. Os veículos, no caso do Brasil, que utilizem a mistura especificada pela ANP terão garantia de fábrica assegurada pela Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores – Anfavea. Conforme Parente (2003), há pelo menos cinco alternativas de combustíveis que podem ser obtidos a partir da biomassa, potencialmente capazes de fazer funcionar um motor de ignição por compressão. Todavia, o biodiesel se mostrou mais viável dentre as alternativas testadas.

Durante pesquisas realizadas no período da crise do petróleo, muitos pesquisadores concluíram que, os óleos vegetais aplicados diretamente nos motores apresentavam limitações, especialmente de propriedades físicas, como: alta viscosidade, baixa volatilidade, caráter polissaturado, combustão incompleta, dentre outras

características indesejáveis, e por isso não poderiam ser utilizados por longos períodos de operação em motores diesel modernos (Howell e Jobe, 2006).

O óleo bruto embora seja utilizado para produzir o biodiesel, ele não é adequado tecnicamente para isso, uma vez que contém impurezas prejudicando o funcionamento e o rendimento do motor ao longo do tempo. Segundo Amaral (2006), o óleo bruto contém, além dos triglicerídeos, traços de minerais e metais (Ca, Mg, Fe, Cu), umidade, ácidos graxos livres e surfactantes naturais (fosfolipídios), esteróis, ceras, hidrocarbonetos, vitaminas, pigmentos, proteínas e gomas, entre outras substâncias. Para contornar esses problemas, diferentes opções com estes óleos foram testadas, com o objetivo de adequar o funcionamento e o rendimento dos motores de modo a atender às exigências dos fabricantes. Para isso, foram considerados diferentes aspectos tecnológicos nas pesquisas desenvolvidas no Brasil e no mundo. Foram realizados testes com diluições; microemulsão (metanol e etanol); craqueamento catalítico e reações de transesterificação (metanol e etanol) (Knothe, 2006).

Novas tecnologias para produção de diesel a partir de fungos transgênicos também estão sendo realizadas a partir da cana-de-açúcar, que, além de ser matéria-prima para a produção de açúcar e álcool, servirá, em breve, para a produção de biodiesel. Essa tecnologia, desenvolvida pela empresa Amyris, da Califórnia, vai ser utilizada em Sertãozinho, SP, em 2010 (Escobar e Pamplona, 2008). O biodiesel produzido a partir da cana-de-açúcar pelos fungos transgênicos apresenta as mesmas características do petrodiesel, embora não esteja livre de limitações. Ainda assim, o biodiesel produzido por este processo pode abastecer um veículo na sua forma pura, diretamente no tanque, sem passar por processos de transesterificação ou afins.

O etanol tem participação importante na matriz energética do Brasil. O País utiliza os ésteres etílicos (etanol) de cana-de-açúcar no processo de transesterificação, por ser uma fonte abundante e de baixo custo, visto que é consumida em mistura (25% de álcool anidro) com a gasolina e para o abastecimento de carros *flex fuel*, tornando o processo totalmente independente de petróleo e totalmente agrícola (Ferrari et al., 2005). A utilização da cana, ainda oportuniza a utilização do bagaço no processo de cogeração de eletricidade. Os demais países produtores de biodiesel empregam comumente os ésteres metílicos, pelas mesmas razões que o Brasil tende a adotar o etanol (majoritariamente) nos próximos anos. O metanol é produzido a partir do petróleo, do biogás ou, ainda, pela gaseificação de biomassas. Esta última opção não é empregada no Brasil. No entanto, o etanol brasileiro, quanto exportado, enfrenta duas barreiras: altas taxações (em torno de US\$ 0,54/galão exportado aos EUA, por

exemplo), o que inviabiliza seu uso em países estrangeiros, principalmente nos EUA e na União Européia; e subsídios protecionistas, também dos governos norteamericanos e europeus.

Para Parente (2003), a proposta mais importante de produção de biodiesel é genuinamente brasileira. Ela surgiu em Fortaleza, onde foi concebido um sucedâneo vegetal para o óleo diesel do petróleo, que na época foi denominado de prodiesel, hoje conhecido mundialmente como biodiesel. Ele é produzido a partir da reação de transesterificação na presença de catalisador básico, sendo comumente utilizado o hidróxido de sódio (NaOH) ou hidróxido de potássio (KOH), onde se faz reagir os triglicéridios com um álcool, produzindo-se os ácidos graxos e a glicerina, encontrados comumente nos óleos vegetais e na gordura animal (ver Figura 22). Vale lembrar que o processo de transesterificação pode ser realizado por catálise enzimática, ácida ou básica. Esta última é mais vantajosa por apresentar menor custo, maior rendimento e menor tempo de reação durante o processo de fabricação do biodiesel.

Todavia, durante o processo de transesterificação alcalina de ácidos graxos livres (AGL), sabões são formados, e estes devem ser removidos durante a purificação subsequente do produto. A remoção dos AGL é de vital importância para o funcionamento normal dos motores, pois estes componentes podem comprometer os motores e sistemas de combustíveis (Foglia e Hass, 2006). Para Knothe (2006), outros aspectos devem ser investigados na transesterificação básica, além do tipo de catalisador, como a razão molar entre o álcool e o óleo vegetal, a temperatura, o tempo de reação, o grau de refino do óleo vegetal, a presença de umidade e o AGL. Para a transesterificação proporcionar rendimento máximo, o álcool deve ser livre de umidade e o conteúdo de AGL deve ser menor ou igual a 0,5%. Contudo, o biodiesel deve atender às especificações oficiais regulamentados pelas agências oficiais, ou pela Organização Internacional de Padronização, na língua inglesa *International Standards Organization* - ISO, que promove a normatização técnica de produtos e serviços e estabelece um modelo de gestão de sua qualidade.

5.2 Produção industrial e especificações técnicas do biodiesel

O processo de fabricação e a qualidade do combustível são fatores importantes na produção de combustíveis, sejam eles de origem fóssil ou não. O método utilizado para refinar as matérias-primas e convertê-las a biodiesel determinam se o combustível

irá atender as especificações técnicas necessárias (Knothe, 2006). Cada País produtor contém especificações padrão, estabelecidas por leis ou portarias oficiais, além daquelas constituídas pela ISO, indicando as propriedades e as características das especificações, como o número de cetano e a sua densidade, dentre outras propriedades químicas que compõem as indicações da qualidade do biodiesel obtida no processo de produção.

Nos EUA, o padrão de especificação do biodiesel segue a ASTM D6751 para padronização do B100 (biodiesel puro). Para uso em misturas como combustíveis destilados são definidos os métodos padronizados pela ASTM. A Europa (EU) segue a EN 14213 e EN 14214, a primeira para combustíveis de sistemas de aquecimento e a segunda para combustíveis automotivos de ciclo diesel. Estes podem utilizar ainda métodos da ISO. A norma da Austrália para o referido combustível data de 2000, através do ato de padronização da qualidade do combustível, aprovada pelo Ministério Australiano do Meio Ambiente e Patrimônio. Diversos países também têm seus próprios regimentos, que são responsáveis tanto pela produção quanto pela qualidade dos agrocombustíveis (Knothe, 2006).

No Brasil, as especificações da produção e qualidade do biodiesel (Anexo) são regulamentadas pela ANP, por meio da Resolução nº 07, de 19 de março de 2008. Em seu Artigo 1º, é estabelecido o Regulamento Técnico ANP, da especificação do biodiesel a ser comercializado pelos diversos agentes econômicos autorizados em todo o território nacional. De acordo com essa resolução, as empresas produtoras e os importadores de biodiesel devem enviar à ANP, boletins mensais e trimestrais, conforme padrões estabelecidos por ela. Para certificação, as usinas produtoras de biodiesel (UPBs) devem enviar mensalmente as especificações de 20 características do biodiesel estabelecidas pelo regulamento jurídico e trimestralmente 25 características requeridas pela agência. Com a aprovação da Lei 11.097, a ANP ganhou atribuições maiores quanto ao novo combustível energético. A ela foi atribuída uma série de ações regulamentares inerentes à produção, qualidade, venda, mistura de biodiesel ao petrodiesel e comercialização do biodiesel.

Em suma, a ANP apresenta as seguintes atribuições: i) levantamento do perfil de qualidade do biodiesel durante o processo de produção; ii) revisão da especificação do padrão estabelecido por ela; iii) ações de fiscalização da cadeia, coletas de amostras de biodiesel para análise; iv) inserção no programa de monitoramento de qualidade de combustíveis; v) análise da mistura binária dos acrônimos; e vi) responsabilidade de manter ações conjuntas com o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), quanto à capacidade analítica do biodiesel. É delegada à ANP, ainda, a garantia do suprimento

nacional de derivados de petróleo, gás natural e seus derivados e de biocombustíveis, além da atribuição de proteger os interesses dos consumidores quanto ao preço, à qualidade e à oferta dos produtos, com base legal na Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005, alterada pela Resolução nº 07, de 19 de março de 2008.

O controle da qualidade do biodiesel deve ser monitorado pelos laboratórios da própria empresa produtora, de forma precisa e segura, conforme recomendado pelas especificações oficiais estabelecidas em cada País. Segundo Gerpen e Knothe (2006), o monitoramento das matérias-primas utilizadas no processo é igualmente importante, pois pode limitar parâmetros essenciais de produção e qualidade do produto final, como: acidez e o teor de água. Deve-se utilizar como estratégia a coleta de uma amostra do óleo vegetal, a cada batelada recebida, e encaminhá-la ao laboratório de análise, pois um simples teste poderá indicar se haverá ou não problemas nas demais etapas de produção.

A compatibilização mundial entre os padrões específicos de produção e qualidade dos agrocombustíveis é um desafio que deve ser vencido, a fim de se estimular o comércio internacional do novo combustível e comoditizá-lo. Diversas ações já foram tomadas nessa direção, especialmente pelos maiores produtores e consumidores de agrocombustíveis, no caso, a UE, o Brasil e os EUA.

5.3 Acordo internacional sobre os agrocombustíveis

Em 2007, tiveram início as primeiras reuniões para a harmonização de compatibilidade das especificações técnicas dos agrocombustíveis entre a UE, o Brasil e os EUA. Em junho de 2007, foi realizado um Simpósio Internacional de Agrocombustíveis, em Washington, do qual resultou o acordo tripartite. O acordo estabeleceu dois grupos de trabalho: um para tratar do etanol e outro do biodiesel. Os grupos constituídos têm a responsabilidade de lançar relatórios públicos acordados sobre os temas a eles delegados, com sumário executivo para os órgãos de normalização de cada País. Foi estabelecido que cada governo tem a responsabilidade de nomear especialistas de seu País e trabalhar em conjunto com os órgãos de normalização.

Os países se reúnem, frequentemente, para tratar o tema. O segundo encontro dos blocos signatários foi realizado no Brasil, sob a coordenação do Ministério de Relações Exteriores. O governo reuniu o grupo de tarefa brasileiro, composto por integrantes da ABNT, do Inmetro, do IPT, da ANP, da Petrobras e da Única, além das equipes da UE e dos EUA (ANP, 2009). O resultado desse encontro foi o documento

White Paper on Internationally Compatible Biofuel Standards (Livro Branco com Padrões Internacionais de Compatibilidade dos Agrocombustíveis), publicado em janeiro de 2008. Nele são identificados os itens semelhantes nas especificações do biodiesel e do etanol, como forma de demandar trabalho futuro de compatibilização entre os signatários. O acordo foi criado com objetivo de estimular o comércio internacional dos agrocombustíveis, com vista a tornar o novo combustível energético uma *commodity*. Os resumos dos trabalhos dos encontros e a ficha técnica do acordo entre os países signatários estão disponibilizados no site da ANP (http://www.anp.gov.br/biocombustiveis/estudos_biocombustiveis.asp).

O grupo de trabalho priorizou especificações igualitárias entre os três blocos, com objetivo de se chegar a um denominador comum entre as partes. Em março de 2008, foi realizada uma reunião durante o Fórum Internacional de Agrocombustíveis, entre os três blocos signatários, junto com China, África do Sul e Índia, com objetivo de submeter o documento (*White Paper*) de compatibilização adotado, com intuito de os demais países virem a se engajar na busca da harmonização internacional dos agrocombustíveis (ANP, 2008b).

Segundo o Ministro da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil, Reinhold Stephanes, é necessária a elaboração de uma agenda nacional pública única na área de agrocombustíveis. Para ele, as ações do governo estão dispersas em vários órgãos do governo, dificultado o processo. Com a criação de uma agenda única, o País teria mais facilidade para propor parcerias com a iniciativa privada e com os órgãos internacionais (Biocombustível em foco, 2009).

6. MATÉRIA-PRIMA: ônus e bônus dos programas de biodiesel

O biodiesel provém de várias matérias-primas, tanto de origem animal quanto vegetal. Em todo o mundo, as matérias-primas graxas mais típicas para produção desse combustível são os óleos vegetais refinados (Foglia e Hass, 2006), comumente utilizados pelos países desenvolvidos. Entretanto, também são utilizados o óleo bruto, o óleo degomado e ainda resíduos de óleo. É importante salientar que, o grau de pureza do óleo vegetal ou animal é fundamental para o desempenho do processo de produção do biodiesel, apresentando relação direta com a qualidade do produto final.

Atualmente, um dos grandes desafios dos programas mundiais e brasileiro de biodiesel é a aquisição de matéria-prima, pois ela concorre com diversas cadeias, especialmente, a alimentícia e a industrial, influenciando a viabilidade econômica do biodiesel, o que pode gerar competição e elevação dos preços até um novo ajuste de oferta (Carvalho et al., 2007). A volatilidade dos preços e a competição com outros segmentos industriais, especialmente daquelas matérias-primas que já são *commodities*, são fatores de risco dos programas de biodiesel, especialmente para as UPBs e produtores rurais, especialmente os de base familiar.

O uso de matérias-primas de maior rendimento, eficiência e menor custo é desejável, e a pesquisa tem papel fundamental neste processo. Segundo Parente (2003), as características físicas e químicas do biodiesel são semelhantes entre si, independentemente da natureza e da matéria-prima utilizada no processo e do agente de transesterificação, se etanol ou metanol, exceto o biodiesel de óleo de mamona, que apresenta maior viscosidade. A diversidade de matérias-primas, processos e usos é uma grande vantagem, embora cada caso precise ser analisado de acordo com as suas especificidades, respeitando-se as leis vigentes (Cadernos Nae, 2005). Todavia, não existem restrições quanto à escolha do tipo de matéria-prima, podendo ser culturas tradicionais ou não-tradicionais (novas alternativas), desde que elas atendam as especificações oficiais. A diversidade de matérias-primas do Brasil representa, dentre as vantagens existentes, o diferencial para a estruturação do PNPB no País.

Para a produção de biodiesel, são utilizadas dezenas de espécies vegetais, como soja, mamona, dendê, pinhão manso, colza, macaúba, girassol, caroço do algodão, amendoim, coco, abacate, pequi e buriti, além das microalgas (*Chlorella protothecoides*), estas ainda não utilizadas em escala comercial, apenas experimental. Também é fabricado biodiesel a partir de espécies animais, como bovinos (sebo), peixes (óleo) e suínos (banha), frangos (óleo), e a partir de óleos de descarte (óleo de fritura), resultantes de processamentos domésticos, comerciais, e industriais.

6.1 Culturas energéticas para produção de biodiesel

Segundo Beltrão (2006), estima-se que a lista de culturas com potencial agroenergético no Brasil ultrapasse 200 espécies oleaginosas, o que favorece o País, que pode cultivar várias espécies já consolidadas, como a soja, a mamona, o girassol, o

algodão, o amendoim, o dendê e, ainda, pode explorar oleaginosas potenciais, como o pinhão manso, a macaúba e crambe.

Na Europa, o biodiesel é produzido principalmente a partir da canola. Esta espécie é cultivada também com o objetivo de nitrogenar naturalmente os solos desgastados (Sholz et al., 2008). Já nos EUA e no Brasil, a principal oleaginosa utilizada no processo produtivo é a soja. De acordo com Dias et al. (2009), a concentração em uma única matéria-prima cria dificuldades momentâneas, dado que na cadeia de produção da soja predominam os grandes produtores e as grandes empresas, como no caso do etanol da cana, em que o agricultor familiar não encontra espaço na cadeia de produção do biodiesel. Neste sentido, o governo brasileiro vem buscando mecanismos para reduzir a participação da soja no processo produtivo do biodiesel, uma vez que, ela já é consolidada na cadeia alimentar mundial.

Dados levantados pelo Centro de Monitoramento de Agrocombustíveis (CMA) da ONG Repórter Brasil, divulgados em 2008, evidenciam que a produção de mamona, matéria-prima principal da região Nordeste já sinaliza problemas no modelo do PNPB desejado pelo governo. A comunidade já enfrenta problemas de quebra de contrato, produções abaixo das esperadas em razão da vulnerabilidade climática, dentre outros fatores que dificultam ou impedem o acesso à cadeia produtiva do biodiesel (Milane et al., 2008). Todavia, o governo tem tomado medidas estratégicas para tentar contornar os problemas dessas comunidades, como forma de inseri-las de fato no processo.

De forma geral, devem ser preferidas aquelas matérias-primas que apresentem aptidão regional e zoneamento ecológico e econômico aprovados pelo MAPA. Têm sido mencionadas a soja para as Regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, a mamona para o Nordeste e o dendê para a região Amazônica (Cardenas Nae, 2005). O girassol, o amendoim, o algodão e as palmáceas tropicais, dentre outras espécies, também têm sido considerados como viáveis e potenciais produtores de biodiesel.

O Brasil, além de ser líder natural na produção mundial de agrocombustíveis, apresenta uma gama de opções de matérias-primas para sua produção, bem como fatores edafoclimáticos favoráveis, abundância em água, terras e áreas degradadas que possam ser úteis à ampliação de cultivo de plantas energéticas. Entretanto, a escolha da fonte a ser empregada na produção do biodiesel depende da vocação de cada território por meio do Zoneamento Econômico e Ecológico (ZEE), do emprego de mão de obra, do suprimento em volume e escala, dos custos de produção, especialmente comparados ao petrodiesel. Segundo Moret et al. (2006), é necessário considerar todo o processo, desde a produção, o consumo e a geração de resíduos e co-produtos. No momento, para

a produção de biodiesel, é empregada a matéria-prima mais abundante, no caso a soja, no Brasil e nos EUA, assim como é a canola ou colza, na Alemanha.

Decisões governamentais também podem influenciar a opção pela matéria-prima, por meio de subsídios ou redução de impostos estabelecidos via programas oficiais. Essa é uma prática comum. O Brasil, por exemplo, incentiva a produção de biodiesel a partir da mamona, na Região Nordeste, como forma de inclusão social e a promoção econômica, de pequenos produtores rurais pela geração de emprego e renda para a comunidade local.

Os gargalos da produção de biodiesel representam um grande desafio, tanto para o Brasil, quanto para outros países, como França, Itália, Alemanha, Japão e EUA. Por outro lado, todos eles vêm investindo expressivamente na produção desse combustível. O custo de produção é variável, pois depende da matéria-prima e do processo utilizado, além do local onde é produzido (Silva e Freitas, 2008). Contudo, esse custo de produção do biodiesel tem diminuído, graças a aplicações de leis específicas e marcos regulatórios oficiais e, sobretudo, devido à adoção de práticas subsidiárias na forma de renúncia fiscal, como ocorre no Brasil.

6.2 Óleos vegetais

Os óleos vegetais podem ser encontrados nas sementes das plantas ou em polpas de alguns frutos. Os óleos existem principalmente na forma de triacilgliceróis (estocados em sementes) ou triglicerídeos, nos quais as moléculas de ácidos graxos são unidas por ligações ésteres aos três grupos hidroxilas do glicerol, sintetizados nos plastídios (Taiz e Zeiger, 2006). As plantas utilizam lipídeos principalmente para armazenar carbono e ainda para produção de energia. As gorduras e óleos são formas importantes de carbono reduzido em muitas sementes, incluindo as de importância econômica, como soja, girassol, algodão, mamona e também armazenadas em semente não-domesticadas e em frutos, como em azeitonas e abacates (Taiz e Zeiger, 2006), os quais são comercializados.

Os principais ácidos graxos dos lipídios vegetais apresentam cadeia de 12 a 20 carbonos que podem ser saturados ou insaturados (Tabela 2).

Tabela 2. Principais ácidos graxos dos lipídios vegetais.

Nome	Estrutura
Ácidos graxos saturados	
Ácido láurico (12:0)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{CO}_2\text{H}$
Ácido mirístico (14:0)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{CO}_2\text{H}$
Ácido Palmítico (16:0)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{CO}_2\text{H}$
Ácido esteárico (18:0)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{CO}_2\text{H}$
Ácidos graxos insaturados	
Ácido oléico (18:1)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{CO}_2\text{H}$
Ácido linoléico (18:2)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{CO}_2\text{H}$
Ácido linolênico (18:3)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7\text{CO}_2\text{H}$

Fonte: Adaptado de Taiz e Zeiger (2006).

As proporções de cada um desses componentes variam de acordo com a espécie ou cultivar (Anthonisen et al., 2007; Rocha et al., 2008), bem como com a composição dos ácidos graxos (Taiz, 2006). Segundo Knothe (2006), os ácidos graxos são, provavelmente, o parâmetro de maior influência sobre as propriedades dos óleos vegetais e gorduras animais, os quais podem ser verificados a partir de sua origem. Conforme reportado por Knothe (2006), as diferenças funcionais entre os ácidos graxos constituintes do óleo vegetal determinam as diferenças em suas propriedades, que podem ser decisivas na produção de biodiesel, como o ponto de fusão, calor e peso específicos, viscosidade, solubilidade, estabilidade à oxidação e estabilidade térmica.

A composição de alguns ácidos graxos de espécies econômicas utilizadas para produção de biodiesel encontra-se na Tabela 3.

Tabela 3. Composição dos ácidos graxos das principais espécies oleaginosas.

Composição (%)			
Espécie oleaginosa	Ácido palmítico	Ácido oleico	Ácido linoléico
Amendoim	9,0 -12,0	50,0 - 59,0	2,0-31,0
Algodão	20,0 - 27,0	17,0-30,0	45,0-52,0
Girassol	6,0	26,0	64,0
Mamona	1,0	3,0	4,2
Milho	12,0	24,0	61,0
Pinhão manso	16,4	40,3	37,0
Soja	11,0	22,0	54,0

Fonte: Melo et al. (2006).

6.3 Características das espécies oleaginosas para a produção de biodiesel

Serão descritas, resumidamente, as principais espécies oleaginosas que figuram no cenário atual, bem como aquelas promissoras a serem exploradas em médio prazo, a exemplo do pinhão manso. Essa cultura será reportada de forma especial, por seu grande potencial produtivo. É importante ressaltar que a escolha da matéria-prima é fundamental para o sucesso do programa de geração de energia. Na Tabela 4, estão descritas as principais oleaginosas e as características que garantem seu potencial para produção de biodiesel no Brasil.

Tabela 4. Características das espécies oleaginosas utilizadas na produção de biodiesel

Espécie oleaginosa	Teor de óleo médio (%)	Produtividade estimada (kg/ha/ano)	Produção de óleo (kg/ha/ano)
Algodão	15	1.800	270
Amendoim	39	1.800	702
Babaçu	6	15.000	900
Colza	38	1.800	684
Dendê	20	15.000	3.000
Gergelim	39	1.000	390
Girassol	42	1.600	672
Macaúba	22	10.000	2.200
Mamona	50	1.500	750
Milho	5	3.200	160
Nabo forrageiro	40	800	400
Soja	18	2.200	396
Pinhão manso	40	5.000	2.000
Pequi	60	8.000	4.800

Fonte: Adaptado de Carvalho et al. (2007).

6.3.1 Algodão

O algodão cultivado no Brasil pertence a duas espécies: o algodoeiro herbáceo, de ciclo anual (*Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch) e o algodoeiro arbóreo, perene (*Gossypium hirsutum* L. var. *Marie-Galante* Hutch). A primeira responde por mais de 90% da produção nacional de algodão.

O algodão gera emprego desde o campo, até a indústria de confecção, sendo fonte de renda em diversas partes do território brasileiro. Estima-se que para cada três hectares plantados de algodão, emprega-se uma pessoa na colheita manual. O caroço do algodão é co-produto da pluma e pode ser utilizado tanto na alimentação animal quanto na produção de óleo vegetal utilizado na indústria alimentícia. Recentemente, está sendo empregado na produção de biodiesel. As UPBs capazes de transformar óleo de algodão em biodiesel são pelo menos 24 no Brasil, o que impulsionou os preços do caroço (Biondi et al., 2008). De acordo com o boletim de abril de 2009, divulgado pela ANP, o óleo de algodão representou 1,59% da produção de biodiesel do País naquele mês, se posicionando em terceiro lugar entre as matérias-primas utilizadas para este fim. Esse fato se deve à elevação do preço do caroço e, sobretudo, à concorrência da indústria de óleos vegetais e fabricantes de ração que disputam o caroço no mercado com as UPBs (Biondi et al., 2008). O preço da tonelada do caroço de algodão saiu dos R\$ 170,00 em 2004 para R\$ 500,00 em julho de 2008, no município de Primavera do Leste, em Mato Grosso, batendo o recorde de R\$ 500,00, valor também praticado em outros estados brasileiros (Biondi et al., 2008).

6.3.2 Amendoim

O amendoim (*Arachis hypogaea* L.) pertence à família Fabaceae e apresenta grande importância econômica, principalmente na indústria alimentar. Há diversas variedades, mas algumas delas com quantidades maiores de lipídios (45 a 50% de óleo), que podem ser utilizados pela indústria alimentícia e para fabricação de biodiesel, embora seja considerado um óleo nobre para este último fim. Cabe lembrar que esta espécie foi utilizada nas primeiras experiências como combustível pelo inventor do motor de ciclo diesel, Rudolf Diesel. O amendoim é cultivado comumente durante o período de renovação da cana-de-açúcar. O farelo resultante do processo de prensagem apresenta alto teor protéico (50%), de excelente qualidade nutricional para rações e para alimentos. Sua casca pode ser utilizada, ainda, na produção de vapor por processo de extração mecânica.

6.3.3 Dendê

As palmeiras são consideradas as melhores opções para a produção de biodiesel, em razão dos seus altos rendimentos de óleo por hectare. O dendezeiro (*Elaeis guineensis*), conhecido também como palmeira-de-óleo-africana, palma-de-guiné, palma africana, palma ou coqueiro-de-dendê, é uma palmeira originária da costa ocidental da África. A Malásia e a Indonésia são os principais produtores de dendê. Dentre as espécies oleaginosas comerciais, o dendê apresenta maior produtividade de óleo por hectare, fato que tem contribuído com a consolidação da cultura no abastecimento do óleo para indústrias alimentícia e cosmética da Europa, do Japão e dos EUA. Sua utilização para a produção de biodiesel, destinado, sobretudo ao consumo interno dos países de origem, tem crescido à medida que o óleo bruto é usado como mecanismo regulador dos preços internacionais (Biondi et al., 2008). Para Furlan-Júnior et al., (2006), o óleo do dendê é, sob o ponto de vista econômico, ambiental e social, o melhor óleo vegetal que o Brasil dispõe para produzir biodiesel em larga escala e atender ao mercado interno e às demandas de exportação, salvo a soja, sua concorrente imediata. Essa idéia, contudo, não é consensual. O óleo de dendê parece nobre demais para ser queimado em motores (LAS Dias, comunicação pessoal) prestando-se mais como lubrificante em face de sua alta viscosidade.

O óleo do dendezeiro é o segundo óleo mais produzido no globo, representando cerca de 23% de todo o óleo comestível, perdendo apenas para o óleo de soja (25%). Cerca de 80% da produção mundial do óleo da palma são obtidos do mesocarpo (polpa) e o palmiste (amêndoa) é utilizado na alimentação direta e na indústria alimentícia, especialmente em substituição de produtos com gorduras transaturadas. A regulamentação e proibição das gorduras transaturadas nos produtos alimentícios, foi impulsionada principalmente, pelas excelentes qualidades nutricionais do óleo de dendê. O óleo também é importante matéria-prima na indústria saboeira, de tintas e oleoquímicas (Furlan-Júnior et al., 2006).

O Brasil é o País que apresenta as melhores condições para a produção de dendê, razão da alta disponibilidade de terras aptas para o seu cultivo, localizadas na região amazônica e na região da Mata Atlântica, no Estado da Bahia (Figura 23) (Biondi et al., 2008). Estima-se uma área zoneada de mais de 70 milhões de hectares, com condições de solo e clima adequados ao seu cultivo no País. O dendê pode ser cultivado especialmente nas áreas degradadas, oportunizando a recuperação dessas áreas, o que

garante a conservação ambiental e a produção sustentada, além de ser precursora da geração de emprego e renda na região, com vantagens mercadológicas.

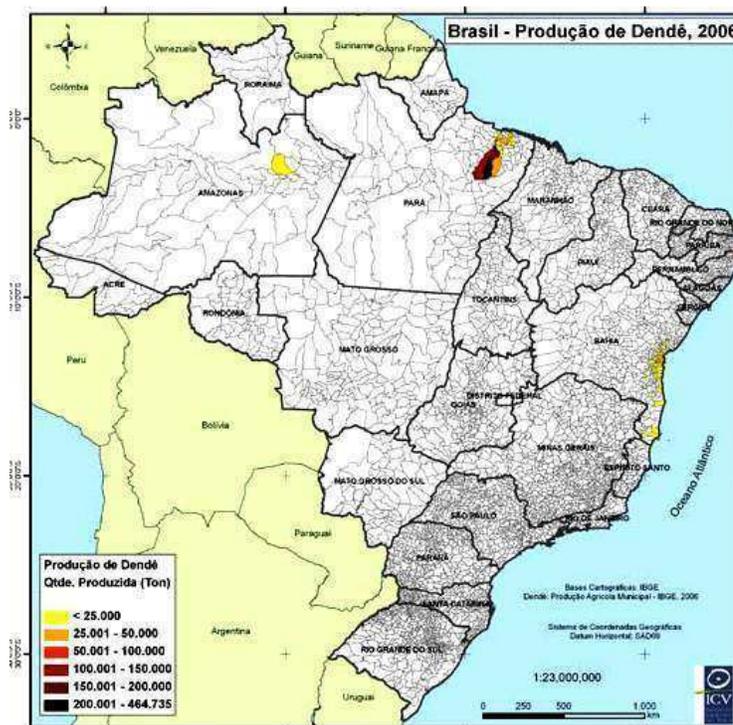


Figura 23. Áreas produtoras de dendê no Brasil em 2006.
Fonte: Biondi et al (2008).

A cultura exige a integração da produção agrícola com o processamento industrial, pois apresenta rápida acidificação dos frutos, requerendo um processamento no máximo 24 horas após a colheita. Faz-se necessária a instalação da indústria de biodiesel próxima ao local de plantio, concentrando-se emprego e renda na região, promovendo desenvolvimento local (Furlan-Júnior et al., 2006).

O dendezeiro como cultura alimentícia e/ou energética, pode se constituir em um empreendimento estratégico de alta viabilidade econômica. Experiências do uso do dendezeiro em sistemas agroflorestais (SAFs) para a produção de agrocombustíveis é um projeto que tem dado certo, com resultados duradouros e seguramente mais baratos que perfurar poços de petróleo no Brasil (Ceplac, 2005). Rocha (2007), na tentativa de desenvolver e aprimorar sistemas de cultivos apropriados para a cultura do dendê, com vista a aumentar a produtividade, com aproveitamento de áreas alteradas e, ou, degradadas da Amazônia, observou diferentes combinações de culturas, dentre elas o dendê com o abacaxi apresentou melhor desempenho, proporcionando amortização de 100% dos custos de implantação e manutenção do sistema no período de três anos de

cultivo da palmeira. Resultado semelhante foi encontrado pela Comissão Executiva do Plano de Lavoura Cacaueira (Ceplac), trabalhando com abacaxi, mandioca e pimenta do reino. Nesse trabalho, a cultura do abacaxi foi o intercultivo mais eficiente, proporcionando um ponto de nivelamento econômico em um período inferior a dois anos. Os SAFs são adequados para conciliar entraves ligados às condições sociais (falta de mão de obra) e econômicas (falta de capital) dos pequenos agricultores de base familiar (Furlan-Júnior et al., 2006). Segundo os autores a dendeicultura em agricultura familiar é grande fixadora do homem no campo e mitigadora da agricultura migratória, além de apresentar um grande potencial de fixação líquida de carbono, que poderá ser utilizada na redução certificada de carbono. O PNPB elevou a cultura como promissora para produção de biodiesel, de maneira especial na região Norte. A produção de biodiesel a partir do óleo de dendê no Brasil ainda é incipiente e ao mesmo tempo, considerado nobre para produção de biodiesel, além de apresentar alto valor do óleo bruto no mercado internacional.

6.3.4 Mamona

A produção mundial de mamona se concentra na Índia, China e Brasil. A mamona (*Ricinus communis* L.) pertence à família Euphorbiaceae, que engloba grande número de plantas nativas da região tropical. É uma planta de hábito arbustivo, com diversas colorações de caule, folhas e racemos (cachos), podendo ou não possuir cera no caule e pecíolo. Os frutos, em geral, possuem espinhos e, em alguns casos, são inermes. As sementes apresentam-se com diferentes tamanhos, formatos e grande variabilidade de coloração. Ela se caracteriza por ser resistente à seca e à salinidade, ter ciclo curto e ser importante geradora de emprego (emprega abundante mão de obra). A mamona também pode ser cultivada solteira, em consórcio ou, ainda, em rotação com outras espécies, como feijão, amendoim, gergelim, dentre outras.

O óleo de mamona ou rícino, extraído pela prensagem das sementes, contém 90% de ácido graxo ricinoléico, o que confere ao óleo características singulares, possibilitando ampla utilização industrial. Isso torna a cultura importante do ponto de vista econômico e estratégico para o País (O agrônomo, 2004), especialmente para região Nordeste, que segundo a Embrapa tem mais de 450 municípios com zoneamento ecológico econômico aprovado, com mais de 4,5 milhões de hectares aptos ao cultivo.

O óleo de mamona é empregado na fabricação de tintas e isolantes, base na manufatura de cosméticos e de muitos tipos de drogas farmacêuticas, fabricação de corantes, anilinas, desinfetantes, surfactantes, germicidas, óleos lubrificantes de baixa temperatura, colas e aderentes, base para fungicidas e inseticidas, tintas de impressão e vernizes, além de *nylon* e matéria plástica, dentre inúmeras outras aplicações (Carvalho et al., 2007). A multiplicidade de usos pelo setor industrial e alimentício é que confere ao óleo de mamona para produção de biodiesel um comportamento de mercado volátil, influenciado pela oferta concentrada em poucos países e pela demanda das inúmeras indústrias envolvidas com seu aproveitamento em todo o mundo. O subproduto da extração do óleo, a torta, é utilizada como adubo orgânico, que pode ser utilizado nas lavouras da própria mamoneira ou de culturas em consórcio com ela. Ela possui, ainda, efeito nematocida. Por outro lado, a presença da proteína tóxica ricina na composição do óleo de mamona tem efeito altamente tóxico ao organismo animal, que pode causar em seu estado mais grave paralisia da respiração (morte por asfixia). A torta da mamona, apesar de altamente protéica, não pode ser utilizada na alimentação animal, salvo após processo de desintoxicação (Gonçalves et al., 2005).

Com a recessão econômica mundial no segundo semestre de 2008, o preço do petróleo e seus derivados caíram abruptamente, causando também a redução dos preços das *commodities* no mercado internacional, dentre elas o óleo de mamona. No início de 2009, uma análise da ICIS *Chemical Business1* acerca do mercado mundial de óleo de mamona concluiu que, com o preço do barril do petróleo em baixa, a demanda pelo produto também deve recuar, em relação a 2008, bem como, sua rentabilidade (Gomes et al., 2009), o que pode causar redução mundial da área plantada de mamona.

O governo brasileiro elevou a oleaginosa como símbolo do PNPB desde o seu lançamento, em 2004. No Brasil, a produção tem flutuado entre 18,8 (safra 2002/03) e 393 (1984/85) mil toneladas. Após a aprovação do programa, houve um incremento tanto da área plantada quanto da produtividade. Na safra 2004/2005, foram produzidos 209,8 mil toneladas, em uma área de 215 mil hectares de mamona, voltando a reduzir na safra posterior e com recuperação acentuada logo após esse período (Figura 24).

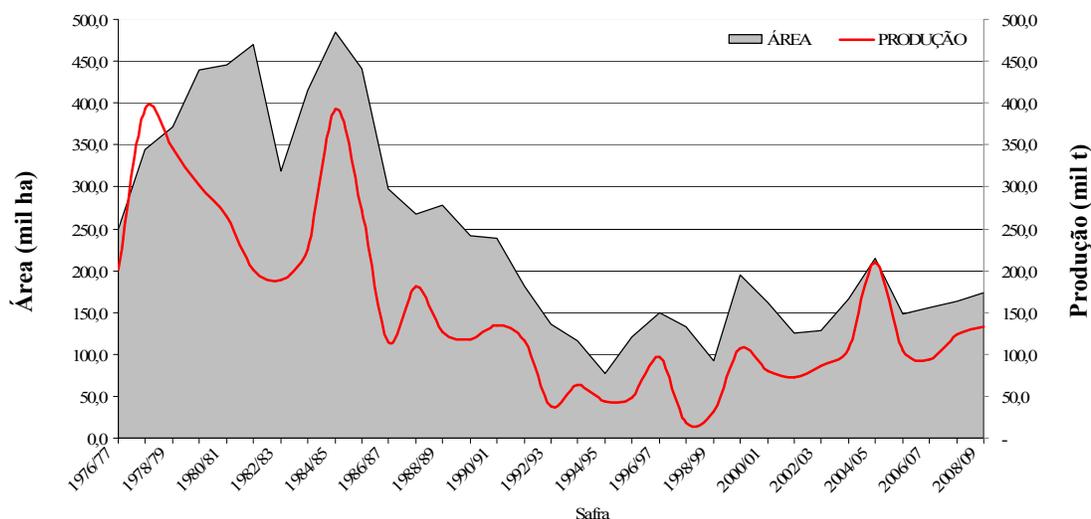


Figura 24. Série histórica da produção de mamona no Brasil. Fonte: Adaptado da Conab (2009).

De acordo com o Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA), a redução da produção de mamona no País teve como um dos motivos principais, a quebra de acordo entre as UPBs e os produtores rurais familiares, especialmente no Nordeste e nas regiões semiáridas, com atrasos no pagamento da parte adquirente (usinas) e a prática de preços fixos, enquanto os outros segmentos ofereceram preços mais atrativos, que motivou a quebra de contrato da parte contratada. O abandono das lavouras de mamona também foi registrado na ocasião em razão desses fatores negativos. Todavia, as UPBs têm interesse em comprar a produção de mamona da agricultura familiar, com objetivo principal de garantir a concessão do SCS, mecanismo que vincula uma série de incentivos fiscais ao produtor de biodiesel que adquire matéria-prima da agricultura familiar e, mais importante, possibilita a participação das UPBs nos leilões de biodiesel da ANP.

6.3.5 Pinhão manso

O pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) tem sua origem pouco precisa. Estima-se que ele seja procedente da região tropical das Américas (Dias et al., 2007a), mas há autores que afirmam que ele tem origem brasileira. Essa procedência é fundamentada no fato de os navegantes portugueses que vieram explorar o País terem levado e disseminado suas sementes para a África, Ásia e Ilhas do Atlântico (Tominaga et al.,

2007). Presume-se a existência de 175 espécies no gênero *Jatropha*, dentre elas a *J. curcas* L., a mais importante no momento pela possibilidade da produção de biodiesel.

O termo *Jatropha* é uma denominação grega que significa medicamento (Tominaga et al., 2007). Há diversos relatos da comunidade, especialmente agrícola, do uso desta planta para fim medicinal e também como matéria-prima na iluminação de residências e proteção de áreas (cerca viva). O pinhão manso é uma espécie pertencente à família Euphorbiaceae, do tipo arbusto, que pode atingir até 12 metros de altura, de forma natural (sem poda). Em cultivo, ela chega a 3-5 metros de altura (Dias et al., 2007a). Esta espécie também é conhecida popularmente como: pinhão-de-purga, purgueira, pinhão-do-paraguai, pinhão-de-cerca, figo-do-inferno e pinhão-branco, dentre outras denominações (Peixoto, 1973; Furlan-Júnior et al., 2006; Tominaga et al., 2007; Dias et al., 2007a).

O pinhão manso é uma planta caducifólia, perene e de fácil propagação, podendo ser por via sexual ou assexual. A planta inicia sua produção no primeiro ano de campo e estabiliza a partir do quarto. É considerada ainda uma planta resistente à seca e as adversidades climáticas. De acordo com Roscoe (2008), os empreendedores dão preferências para culturas perenes, pois há menor oscilação de preço, em consequência de decisões de curto prazo pelos produtores, o inverso observado em culturas anuais, como a soja, por exemplo. O pinhão manso atinge seu clímax produtivo aos quatro anos de campo, permanecendo produtivo por pelo menos 40 anos (Dias et al., 2007a).

O teor de óleo nas sementes varia entre 28 e 40%, dependendo do genótipo e da forma de extração, que pode ser tanto mecânica quanto química ou por ambas (Peixoto, 1973; Saturnino et al., 2005; Tominaga et al., 2007), o que faz desta planta uma grande promessa como matéria-prima para produção de biodiesel, permanecendo em quarto lugar, atrás apenas do dendê, macaúba e babaçu em produtividade por área. Todavia, o pinhão manso apresenta vantagens comparativas em relação a esta cultura. Ele é adaptável em um maior número de regiões, enquanto o dendê tem sua viabilidade agroclimática limitada à região Amazônica e a uma estreita faixa no litoral da Bahia. O pinhão manso apresenta ainda apresenta a vantagem de não interferir na questão alimentar. As potenciais oleaginosas, dentre elas pinhão manso por enquanto, somam 15% de participação na produção de biodiesel.

O óleo do pinhão manso apresenta característica peculiar, favorecendo a produção de biodiesel, atendendo especialmente ao mercado internacional: ponto de solidificação em torno de -10 °C, facilitando seu uso pelos países de clima frio (Roscoe, 2008). Essa característica tem chamado a atenção de produtores, empresários e

pesquisadores em todo o mundo, quando são confrontados o óleo de pinhão manso com óleos de outras oleaginosas e com o óleo diesel, tornando-se o pinhão manso uma cultura de grande interesse e valor para atender às usinas de biodiesel e futuramente o agronegócio do óleo vegetal, quando este óleo for destoxificado.

Desde 2005, com a aprovação da Lei 11.097/2005 que criou o PNPB, o interesse dos setores público e privado por esta espécie cresceu de forma avassaladora. O entusiasmo a cerca do pinhão manso era tanto que foi rotulado como ouro verde ou mesmo milagroso pela mídia, por se proliferar de forma espontânea em solos de baixa fertilidade e em condições edafoclimáticas desfavoráveis à maioria das culturas tradicionais (Furlan-Júnior et al., 2006; Dias et al., 2007a).

Embora, seja uma espécie com características desejáveis à produção de óleo e amplamente difundida no território nacional, estava sendo cultivada em escala comercial por empresários e pequenos produtores rurais em diversas regiões brasileiras, como matéria-prima para atender às usinas de biocombustíveis, sem o reconhecimento oficial do MAPA. Isso levou o ministério a apreender lotes de sementes na região de Mato Grosso, assustando os produtores de sementes e inviabilizando o plantio da safra 2007/08 (Roscoe, 2009), que naquele estado era considerada clandestina. Os preços praticados por lote de sementes eram exorbitantes, devido à grande demanda e às especulações de mercado. Segundo Roscoe (2009), foram negociadas mais de 30 toneladas de sementes de pinhão manso no Brasil em 2007, movimentando um valor próximo a R\$ 1 milhão. O MAPA então reconheceu a espécie, legalizando os fornecedores e compradores e regulando o comércio de sementes, por meio da Instrução Normativa n° 4, de 14 de janeiro de 2008.

De acordo com essa instrução normativa, o produtor de sementes (fornecedor) deve estar cadastrado no Registro Nacional de Sementes e Mudas - RENASEM e o agricultor adquirente (comprador) é obrigado a assinar um termo de compromisso e responsabilidade, uma vez que o pinhão manso é considerado uma cultura não-domesticada, que ocorre de forma espontânea, embora no passado, o pinhão manso já foi cultivado em pequena escala em alguns países, inclusive no Brasil. Contudo, não foram encontrados relatos de experimentos científicos que informassem sobre a produtividade da cultura em condições de campo de longa data (MAPA, 2008). Atualmente, há apenas uma referência na Índia sobre o cultivo dessa espécie em larga escala, por um período de 17 anos. O cultivo era realizado com sementes de plantas-matrizes, sem garantias da produtividade delas. Cabe ressaltar que, até o momento, não há variedades registradas desta espécie em órgãos oficiais de qualquer País. Todavia, as

pesquisas têm avançado no sentido de melhorar geneticamente esta espécie, promovendo o cultivo seguro do pinhão manso em escala comercial. Estudos realizados por Dias et al. (2007b), empregando a análise de DNA com marcadores RAPD, utilizando dois genótipos de pinhão manso cultivados por produtores rurais, integrantes do Projeto Jatropha, na região de Viçosa, Minas Gerais, verificaram uma similaridade genética de 75% entre elas. Os autores argumentam que é necessário ampliar a base genética deste cultivo, com plantio de novas variedades ou acessos. Ressalta-se que o Estado de Minas Gerais é pioneiro em pesquisa sobre esta oleaginosa.

Hoje em dia, não existe zoneamento agroclimático do pinhão manso aprovado pelo MAPA para as regiões brasileiras, por isso a cultura não foi contemplada no PNPB. Mas experiências já estão sendo realizadas, inclusive em larga escala, a exemplo da plantação feita em Caseara, no Estado do Tocantins, por uma empresa privada, sendo este o maior plantio desta espécie no Brasil. Estimam-se 3.100 hectares de área plantada, com geração de mais de 150 empregos diretos e 450 indiretos. Em 2007, foram inseridas nesse projeto de pinhão manso da Fazenda Bacaba, da Companhia Brasileira de Produção de Biodiesel (Biotins), 300 famílias de agricultores familiares, que juntos cultivam mais de mil hectares da planta na região (Conexão Tocantins, 2008). Segundo Monteiro (2007), o pinhão manso pode ser considerado como uma possível oleaginosa para a agricultura familiar no semi-árido Nordeste, assim como a mamona, dada a sua potencialidade de resistir ao regime de estresse hídrico, à sua grande rusticidade e à possibilidade de uso na produção do biodiesel.

Atualmente, o plantio em grande escala é um risco para os agricultores, especialmente os de base familiar, pela ausência de cultivares recomendados para cada região, carência de informações técnicas adequadas para o plantio, falta de financiamento e pesquisa. Os agricultores, contudo, têm optado pela prudência. A lógica tem sido a de testar a cultura em pequenas parcelas das propriedades, ao mesmo tempo em que, aguardam por informações mais consistentes sobre a planta (Biondi et al., 2008). De acordo, com Beltrão (2006), Beltrão et al. (2007) e Furlan-Júnior et al. (2006), falta conhecimento sobre a bioquímica e fisiologia desta planta, além de informações sobre aspectos agrônômicos. Segundo esses autores, informações a respeito desses fatores ainda são incipientes no mundo, principalmente em condições brasileiras, sendo, portanto, limitantes ao seu cultivo. Informações acerca do beneficiamento, armazenamento, comercialização e rentabilidade também são rudimentares. Tominaga et al. (2007) e Dias et al. (2007a) lançaram informativos sobre a cultura, com o objetivo de orientar o cultivo da espécie. Também se encontram em andamento diversos

programas de pesquisa estabelecidos, englobando toda a cadeia produtiva do pinhão manso, envolvendo melhoramento genético (banco de germoplasma, uso de microssatélites, caracterização de descritores, entre outros), biologia reprodutiva, qualidade fisiológica das sementes, identificação e caracterização de pragas e doenças, destoxificação da torta, dentre outras linhas de pesquisas, principalmente na Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Minas Gerais.

Espera-se que essas informações possam constituir, em curto prazo, para registro de variedades no RENASEM e zoneamento desta cultura. Segundo Roscoe (2009), os aspectos agronômicos serão a base da elaboração do sistema de produção do cultivo do pinhão manso, que orientará os produtores e permitirá a criação de linhas de crédito e financiamento oficial em todas as regiões aptas ao seu cultivo.

O maior desafio da pesquisa é tornar realidade o elevado potencial produtivo relatado em outras partes do mundo ou em plantas isoladas (Roscoe, 2008). As pesquisas estão no caminho certo e os primeiros passos já foram dados. Os primeiros resultados das pesquisas são animadores, especialmente aqueles realizados pelo grupo de agroenergia do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa. O grupo estimulou inicialmente a coleta e o resgate de germoplasma de pinhão manso nas regiões do Triângulo, Noroeste e Norte de Minas Gerais (Andrade, 2008). Hoje conta com várias ações científicas, como forma de contribuir com a criação de uma variedade que possa atender aos anseios dos produtores, contribuindo, dessa forma, com o desenvolvimento deste mercado promissor. Todavia, o que existe hoje está muito aquém do que pode ser feito para que o pinhão manso possa ser cultivado em larga escala, com segurança. Espera-se que a pesquisa, daqui a oito ou dez anos, contribua para que esta cultura possa ter condições de atender à indústria.

Os investimentos em tecnologia e pesquisa são fundamentais para o sucesso desta espécie. Esse sucesso é esperado não somente no Brasil, mas por todos os países que encontram na agroenergia uma oportunidade de alcançar a independência energética, por meio, da produção de biodiesel, além da promoção social e da redução de gases poluentes.

6.3.6 Soja

A soja (*Glycine max* L. Merrill) é nativa da Ásia e considerada uma das culturas mais antigas daquela região. Ela se tornou conhecida na Europa no século XVII,

introduzida da China para os EUA em 1965. No Brasil, ela chegou primeiro na Bahia e, posteriormente, foi levada para São Paulo, sendo logo difundida na região Sul do País. No final da década de 1980, com a expansão das fronteiras agrícolas rumo ao Cerrado brasileiro, com o expressivo avanço tecnológico na região Centro-Oeste, a cultura ganhou espaço importante na região, que se tornou grande produtora da oleaginosa.

A soja dispõe de uma oferta extraordinária de óleo e subprodutos. De acordo com Ferrari et al. (2005), quase 90% da produção de óleo no Brasil provém dessa leguminosa e a maior parte do biodiesel produzido no mundo é proveniente dela. Na safra 2006/07, a produção mundial de soja foi de 240 milhões de toneladas. A soja apresentou crescimento médio nas últimas décadas superior a 6,0% ao ano. Segundo dados da Conab, a safra de soja brasileira foi de 60 milhões toneladas, em 2007/08 (Figura 25). Já na safra 2008/09, apesar do aumento da área plantada da cultura em 1,7%, em relação à safra anterior, houve uma redução na produção de 3,9%. Uma das causas apontadas pelos órgãos oficiais foi: i) o menor uso de fertilizantes e ii) estiagem na região Sul do Brasil. Segundo IBGE, estima-se que, para 2020, a produção da soja no Brasil seja de 105 milhões de toneladas, quando o País alcançará a posição de maior produtor mundial.

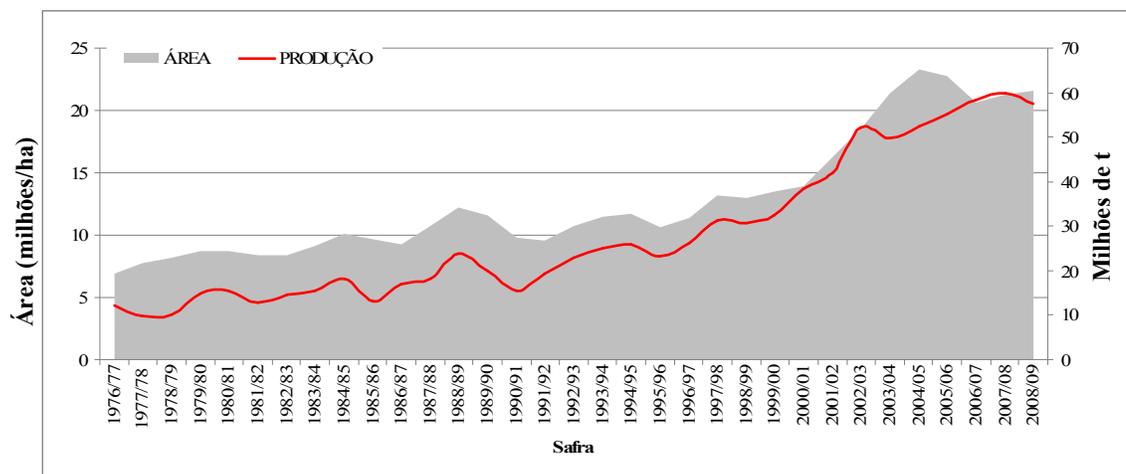


Figura 25. Produção de soja no Brasil. Fonte: Adaptado de Conab (2009).

O grão de soja e seus derivados apresentam ampla versatilidade. São utilizados pela agroindústria, pela indústria química e alimentícia, e recentemente, vem ganhando espaço como matéria-prima na produção de biodiesel. Dentre os óleos vegetais, o de soja é o produto mais consumido no mundo e tem como concorrente o óleo de palma (dendê). Os EUA e o Brasil utilizam a soja majoritariamente na produção de biodiesel. Todavia, esta espécie apresenta alguma restrição na produção de biodiesel, pois ela apresenta baixo conteúdo de óleos em seus grãos, variando entre 18 e 22%.

Mesmo diante da crise econômica mundial, a utilização da soja como matéria-prima para produção de biodiesel se manteve em patamares altos entre 70% e 90%, retratando o potencial do novo setor energético (Gomes et al., 2009). Neste sentido, a soja tem ajudado a estruturar a indústria do biodiesel e o PNPB nos seus primeiros anos de aprovação. Entretanto, as UPBs devem substituir gradativamente o óleo de soja por óleo de outras oleaginosas que apresentem maior viabilidade econômica e maior rendimento, em médio e longo prazo. Com os avanços das pesquisas e com a consolidação do novo mercado energético, poderão ser utilizadas novas oleaginosas potenciais (pinhão manso, macaúba, crambe). Por outro lado, o óleo da soja apresenta características químicas favoráveis à produção de biodiesel, tais como: menor preço da matéria-prima, cadeia produtiva estabilizada, dentre outros.

6.4 Características da gordura animal e dos resíduos utilizados no processo de produção de biodiesel

6.4.1 Gordura animal

As matérias-primas à base de óleos e gorduras de animais possuem estruturas químicas semelhantes às dos óleos vegetais, sendo moléculas triglicéridicas de ácidos graxos (Parente, 2003). As diferenças estão nos tipos e nas distribuições dos ácidos graxos combinados com o glicerol. A gordura animal apresenta altos teores de ácidos graxos saturados comparados ao óleo vegetal. Todavia, a qualidade do produto depende do tipo de gordura em que é classificada. Geralmente, nos países desenvolvidos, a gordura animal é classificada por categorias.

As gorduras e os óleos animais não precisam passar pela degomagem, uma vez que eles contêm quantidades insuficientes de fosfolípidios (Foglia e Hass, 2006). Geralmente são mais baratos que os óleos vegetais, por serem subproduto da agroindústria e não produtos primários, como os óleos vegetais. O sebo bovino ocupa o segundo lugar como a matéria-prima mais utilizada pelas UPBs. No entanto, essa fonte apresenta alguns aspectos negativos, como ponto de fusão relativamente alto, uma propriedade que, em baixas temperaturas, pode levar à precipitação e a um menor desempenho do motor. Há, ainda, relatos de cristalização (solidificação), que impedem sua maior adesão, especialmente em locais de baixas temperaturas.

6.4.2 Óleos e Gorduras Residuais

O uso de matérias-primas alternativas para o processamento de biodiesel é uma opção de menor custo e contribui para a redução da poluição ambiental, além de ser promotor de inclusão social nos centros urbanos. Projetos de aproveitamento residual são desenvolvidos em grande parte do território brasileiro, com objetivo de coletar resíduos nas unidades comerciais e domésticas para produção do biodiesel.

O descarte incorreto dos resíduos de óleo no meio ambiente é um problema antigo. Embora parte desses resíduos seja reaproveitada para a produção de sabão em barra, detergente, ração animal, dentre outros usos, a maior fração é lançada no ambiente, principalmente aqueles resíduos de uso doméstico, o que tem preocupado a sociedade e os ambientalistas. É sabido que, se despejado esse óleo de forma incorreta nas pias, ele será depositado nos cursos d'água, contaminando-a. Estima-se que cada litro de óleo tem potencial de poluir pelo menos 1 milhão de litros de água, este valor corresponde ao consumo de uma pessoa durante 14 anos de vida (Revista Planeta Cidade, 2007). A presença de óleo nos rios cria uma barreira que dificulta a entrada de luz e a oxigenação da água, comprometendo, assim, a base da cadeia alimentar aquática, além de contribuir para emissões de metano, enchentes e aquecimento do planeta (Revista Planeta Cidade, 2007). Quando esses resíduos são despejados no esgoto, eles encarecem o seu tratamento em até 45% (Fernandes et al., 2008), por não se misturar com a água. Portanto, o uso dessa matéria-prima para produção de biodiesel pode representar uma nova fase, pela preservação da qualidade da água e pela minimização dos efeitos negativos das MCG.

O óleo residual alimentício, usado em fritura doméstica, comercial e industrial, quando transformado em biodiesel, apresenta características semelhantes ao petrodiesel, em termos de viscosidade e poder calorífico, após sofrer a reação de transesterificação (Nascimento et al., 2001). Eles apresentaram ainda propriedades físico-químicas com valores bem próximos aos do óleo refinado comercial (Santos et al., 2007). Portanto, o uso de óleos e gorduras residuais remanescentes para produção de biodiesel é importante para produção de energia mais barata e para preservação ambiental, notadamente sobre os recursos hídricos.

7. VANTAGENS E DESVANTAGENS DO USO DO BIODIESEL

O biodiesel como combustível apresenta uma série de benefícios sobre o petrodiesel. Prova disso é o sucesso observado a cada dia, no Brasil e no exterior. Ele apresenta as seguintes vantagens: i) é biodegradável; ii) reduz as emissões de GEE e particulados; iii) é isento de enxofre e de compostos aromáticos; iv) não é tóxico; v) é seguro; vi) pode ser adicionado como lubrificante ao petrodiesel de baixo enxofre (lei para alguns países), que no seu processo de produção é parcialmente perdido (Knothe, 2006); vii) apresenta alto ponto de fulgor (o combustível não é inflamável em condições normais, onde ele é transportado, manuseado e armazenado); viii) poder ser produzido por centenas de países, especialmente os de clima tropical; ix) proporciona a inclusão social, pela geração de emprego e renda; e ix) reduz a dependência das importações dos petroderivados, dentre outras vantagens. Ele permitirá também, em futuro próximo, a obtenção de créditos de carbono, utilizando como escopo setorial a energia renovável via agricultura.

O uso do biodiesel apresenta importante papel na redução de emissões de GEE, em especial de materiais particulados (MP), monóxido de carbono (CO) e hidrocarbonetos (HC) (Figura 26). De acordo com Barnwal e Sharma (2005), as emissões de óxido de enxofre são eliminadas totalmente, enquanto os MP, CO e os HC têm redução de 60%, 50% e 75%, respectivamente, em comparação ao petrodiesel, durante o processo de combustão do motor. O percentual de redução de GEE varia de acordo com a mistura do biodiesel ao petrodiesel; quanto maior essa proporção, maior será a redução de emissão de gases.

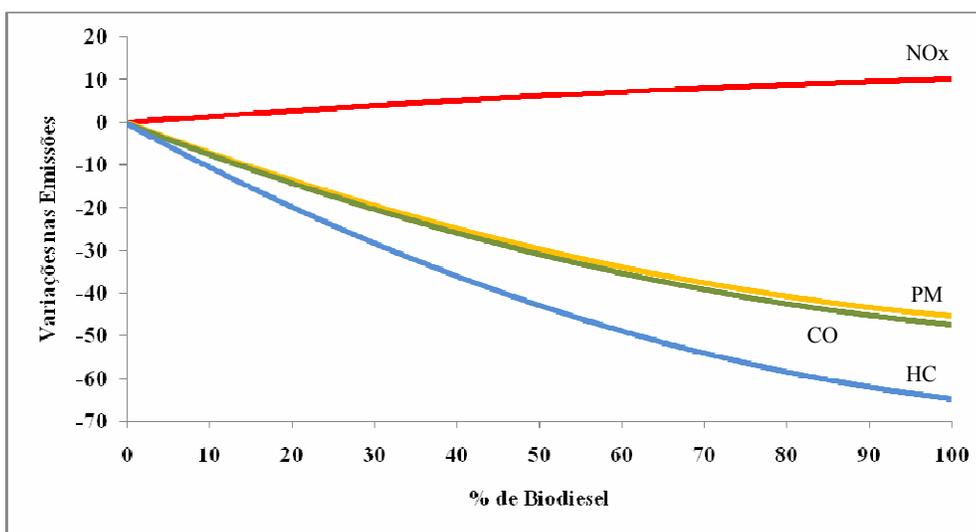


Figura 26. Efeito da proporcionalidade do biodiesel sobre emissões de GEE. Fonte: Cadernos Nae (2005).

O aumento das emissões com NOx associado ao biodiesel tem sido confirmado por muitos estudos (Caderno Nae, 2005). Esse fato está relacionado às características dos motores de ciclo diesel. A redução de materiais particulados (PM) promove um acréscimo dos gases NOx, que para sua completa combustão causam aquecimento do cilindro, formando gás. Portanto, é um desafio aos projetistas e fabricantes de motores, além de projetar motores mais econômicos, otimizar também o processo de combustão, reduzindo as emissões de NOx e de materiais particulados. Sua atenuação tem sido sugerida com o uso de aditivos (Cadernos Nae, 2005), denominados melhoradores de cetanagem (Knothe 2006). Esse aditivo deve ser acrescentado ao biodiesel, puro ou em misturas, para melhorar o número de cetano do combustível e, conseqüentemente, reduzir as emissões de NOx. O número de cetano é um indicativo adimensional da qualidade de ignição de um combustível diesel. O biodiesel, dependendo do clima, apresenta menor desempenho, especialmente, quando utilizado em regiões frias, o que pode inviabilizar seu uso ao longo de todo o ano (Knothe, 2006). Mas isso ainda depende de uma série de fatores, dentre eles o tipo de matéria-prima empregada.

O biodiesel representa parte das soluções dos problemas mundiais, como fonte de diversificação da matriz energética global, menor dependência de importações e respeito às questões ambientais, uma vez que os países desenvolvidos e signatários apresentam um acordo firmado pelo Protocolo de Quioto (até 2012) e, futuramente, deverão firmar outro, o de Conpenhaque (após 2012). Além disso, há a cobrança da sociedade por um mundo sustentável, tanto para as gerações presentes quanto para as futuras.

8. PANORAMA MUNDIAL DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL

O cenário mundial energético caminha em sentido único e com diversos desafios a serem vencidos por todas as nações, sejam elas desenvolvidas ou não, embora para alguns países os desafios sejam mais proeminentes. Todavia, a produção e o uso de energias renováveis são motivados por dois fatores principais: segurança energética e minimização dos efeitos das mudanças climáticas. Neste contexto, diversos países têm se mobilizado para a criação de programas, leis e medidas específicas para amenizar esses problemas. Os agrocombustíveis são apontados como parte da solução.

Para contextualizar o panorama mundial da produção de biodiesel, serão apresentados alguns pontos relevantes sobre os principais países produtores, como os participantes da União Européia, os Estados Unidos e o Brasil.

8.1 Mercado europeu

Para alcançar as metas do desenvolvimento sustentável, é preciso explorar fontes renováveis de energia. A União Européia (UE) tem se destacado pelo pioneirismo na introdução de energias alternativas em sua matriz energética (Dias et al., 2008). Neste contexto, a UE vem buscando mecanismos para duplicar a inserção de energias renováveis em sua matriz energética numa proporção de 6% para 12% em 2010 (Scholz et al., 2008). A UE tem estimulado programas específicos de incentivo e subsídios à produção de biodiesel, estabelecidos de forma soberana, por cada País membro do bloco. Dentre as medidas adotadas, o programa Prêmio de Crédito de Carbono para Culturas Energéticas tem papel importante na produção de biodiesel da UE. O programa cobre uma área mínima garantida de 2 milhões de ha (Timossi, 2008), com incentivos fiscais. Na Tabela 5, estão representadas as condições tributárias sobre o biodiesel praticadas por alguns países da UE.

Tabela 5. Condições tributárias praticadas na EU.

País	Isenção de impostos sobre o biodiesel
Austria	Parcial
França	Parcial + taxa sobre atividades poluentes
Alemanha	Total
Itália	Parcial
Holanda	Parcial
Espanha	Total
Suécia	Total
Inglaterra	Parcial

Fonte: Adaptado de Carvalho et al. (2007)

Os agricultores europeus que produzem plantas energéticas recebem € 45/ha, que correspondem a R\$ 126,13/ha (cotação de 2,803). Membros do Parlamento Europeu já pleiteiam o aumento do benefício para € 80/ha, para estimular o setor de energias renováveis (Timossi, 2008). Esse valor convertido em moeda brasileira representaria R\$ 224,24/ha.

A Europa desperdiça cerca de 20% de sua energia e a UE é parte importante no processo de reversão desse quadro, uma vez que as perdas energéticas são passíveis de

redução (Scholz et al., 2008). O Parlamento Europeu adotou o Plano de Ação para Eficiência Energética, baseado na economia energética, por meio da Diretiva 2003/30/EC, de 8 de maio de 2003, onde se estabeleceram as regras para promoção do uso de biodiesel ou outros combustíveis renováveis no transporte. O Parlamento Europeu determinou que, a partir de 2006, pelo menos 2,0% dos combustíveis utilizados devem ser provenientes de fontes renováveis, sendo esta meta ampliada para 5,75% ao final de 2010 e para 20% em 2020 (Cadernos Nae, 2005).

Em março de 2008, a Cúpula da Primavera reuniu em Berlim (sede da nova presidência rotativa da UE) o Conselho de Ministros da UE para estabelecer um Plano de Ação para Energias Renováveis, denominado como 20-20-20, com objetivo de alcançar em 2020 uma redução de 20% de emissões de GEE e incluir 20% de energias renováveis na matriz energética europeia (Timossi, 2008). Foi estabelecido ainda um percentual mínimo de 10% de substituição dos petroderivados utilizados no transporte por biocombustíveis. Neste mesmo ano, em Portugal, ocorreu outro evento importante, a primeira reunião de cúpula entre UE e Brasil, selada pela assinatura de uma declaração conjunta entre eles, reafirmando o interesse em aprofundar a cooperação para o desenvolvimento de todas as formas de energia, inclusive os biocombustíveis, com a ressalva de que estes sejam obtidos de forma segura e sustentável. Também foi de comum acordo o compromisso dos líderes em promover ações para incrementar maior participação de fontes renováveis na matriz energética mundial. A atuação conjunta para criar um mercado global de biocombustíveis, também foi um dos resultados mais importantes do encontro.

A UE tem como objetivo, além da segurança energética, o compromisso firmado pelo Protocolo de Quioto, de reduzir as emissões de GEE em pelo menos 8%, ao nível de 1990, entre 2008 e 2012. Por isso, têm-se adotado medidas políticas energéticas em sua conjuntura pela adoção de energias renováveis como forma de atingir a sustentabilidade, a competitividade e a segurança no fornecimento energético (adoção de novas fontes). Em 2007, 4% do consumo energético da UE foi proveniente de biomassa, o que representou dois terços do total de energias renováveis da UE (AEBIOM, 2007). De acordo com o presidente da Associação de Biomassa Europeia – AEBIOM (sigla em inglês), o setor de bioenergia tende a crescer de forma dinâmica e incondicional nos próximos anos. A produção de energia a partir de biomassa será decisiva para o setor, não somente na Europa, mas em todos os países que apresentam esse potencial.

Em 2007, a AEBIOM divulgou dados sobre a composição da matriz energética renovável proveniente da biomassa na Europa (AEBIOM, 2007). A energia proveniente da biomassa de floresta em 2004 (madeira e subprodutos), representou 85% do total da matriz energética europeia, enquanto a biomassa proveniente da agricultura apresentou apenas 4,8%. Desse total, 66% da biomassa foi utilizada para produzir calor (aquecimento), 31% para co-geração de eletricidade e 3% para fabricação de agrocombustíveis (Figura 27).

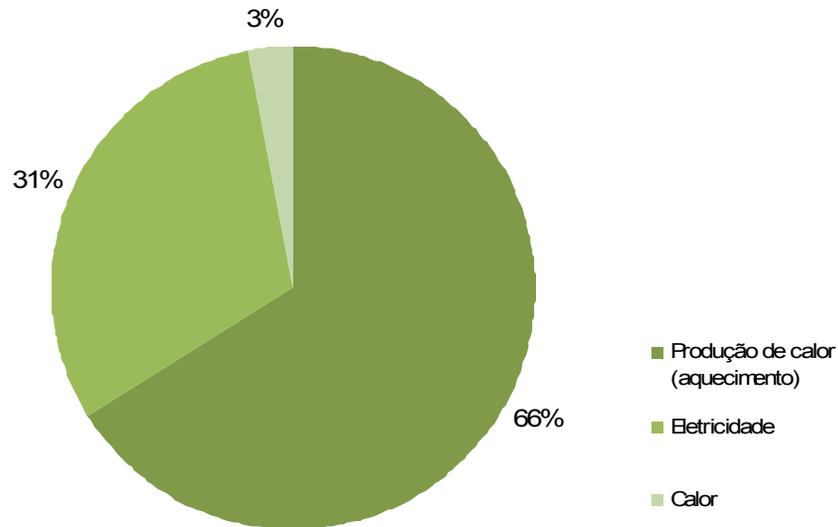


Figura 27. Consumo de biomassa por fonte na UE, em 2004.
Fonte: Adaptado de AEBIOM (2007).

A AEBIOM estima que a contribuição de biomassa para geração de energia passe dos 72 milhões de tep em 2004 para 220 milhões de tep em 2020 (Figura 28). Parte importante dessa produção será gerada pela agricultura, que exigirá 20 a 40 milhões de hectares de terra.

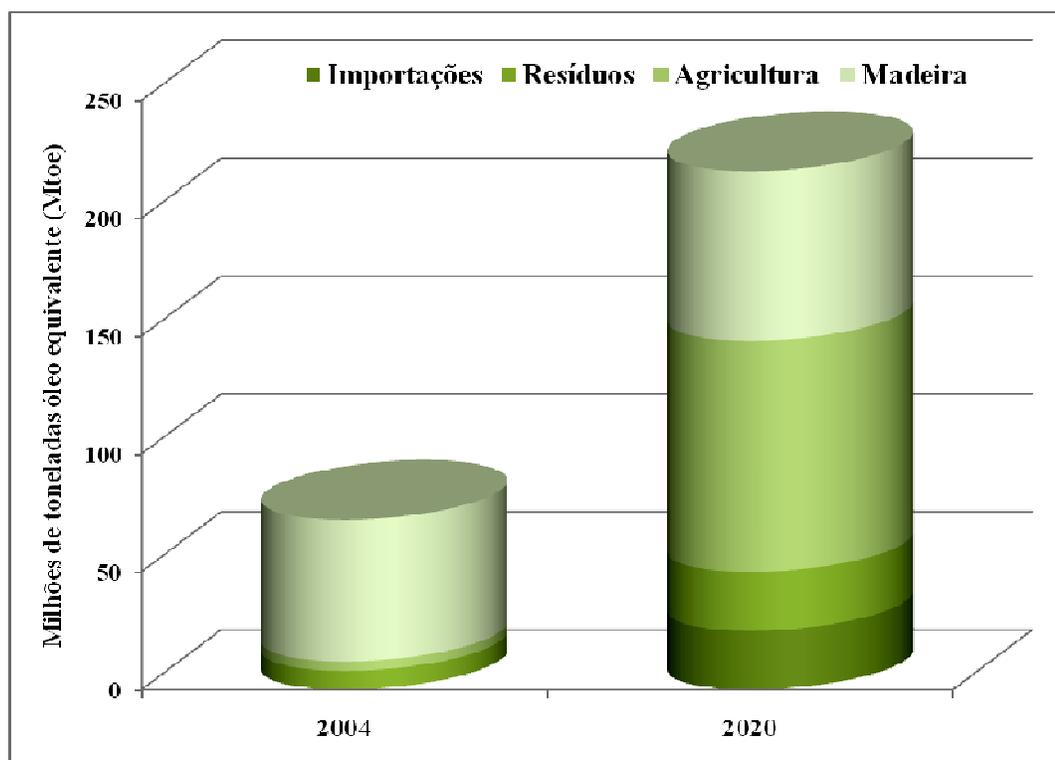


Figura 28. Cenário energético da UE (2004 a 2020).

Fonte: Adaptado da AEBIOM (2007).

Novas áreas devem estar disponíveis para ampliação das metas previstas pela UE, sendo este um desafio para alguns países do bloco. Isso vai requerer investimentos em pesquisas e melhor manejo das áreas já cultivadas, para se alcançar maiores produtividades no mesmo espaço de solo. Os agricultores da UE pressionam os governos pedindo a eliminação do Programa Federal da EU *set aside*, prática estabelecida pela Política Agrícola Comum (PAC) em 1992, que estabelece percentual de áreas proibidas para o plantio. Esta técnica tem como objetivo principal manter o solo em pousio. Para a safra 2006/07, a área estipulada foi de 10% da área cultivável (Timossi, 2008). Por outro lado, a UE tem a intenção de promover o desenvolvimento das áreas rurais, oferecendo aos agricultores a possibilidade de melhorar sua renda, além dos benefícios já concedidos a eles.

A maior parte do óleo vegetal empregado na produção de biodiesel da UE vem do cultivo da colza e em menor proporção do girassol. Atualmente, os custos de produção de óleo vegetal são, em média, duas vezes superiores ao do petrodiesel. Para atingir a meta de 2010 nas condições atuais, o nível de subsídios em forma de isenção de impostos seria de aproximadamente 2,5 bilhões/ano (Cardenos Nae, 2005). É notório que os custos de produção dos óleos praticados nesse continente inviabilizam, do ponto de vista energético, o biodiesel, quando se compara seu preço aos preços do

petrodiesel praticados atualmente. Por outro lado, o combustível apresenta externalidades positivas (redução de GEE – firmado no protocolo, geração de emprego e renda) que justificam sua produção e consumo.

De acordo o Núcleo de Assuntos Estratégicos (2005), não são previstas possibilidades de reduções significativas no custo de produção (sem impostos US\$ 0.22/litro) para os óleos vegetais usados na Europa para biodiesel, pois, segundo o Núcleo, trata-se de processos agrícolas e industriais maduros e eficientes.

A UE se configura no cenário mundial como o maior produtor mundial de biodiesel. Em 2008, o bloco respondeu por 37,41 milhões de barris. Dentre os membros da UE, a Alemanha dispara no ranking como a maior produtora e maior consumidora mundial de biodiesel. Em 2008, a Alemanha produziu 20,65 milhões de barris, mantendo o País em lugar de destaque (Figura 29). A França, Itália, Áustria e outros membros do bloco também têm condições favoráveis de produção e consumo desse combustível.

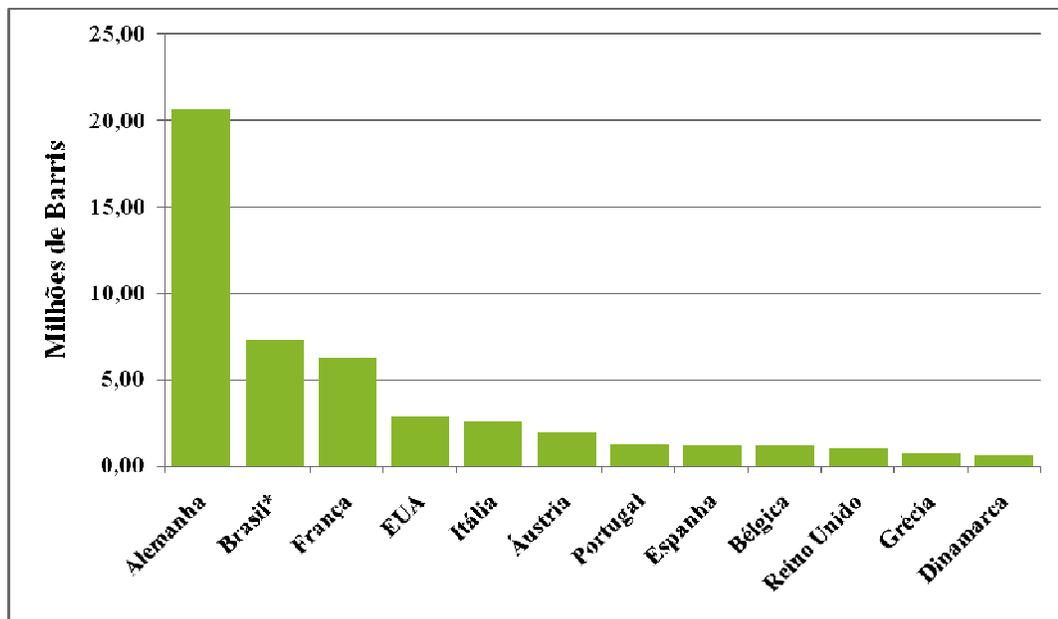


Figura 29. Produção de biodiesel dos principais produtores em 2007.

Fonte: Adaptado de Timossi (2008).

A produção de biodiesel na Alemanha apresenta menor custo de produção em relação aos demais países do bloco, sendo o mais competitivo da UE, pois os combustíveis produzidos são isentos de tributos em toda a cadeia produtiva (Timossi, 2008). O País ainda conta com a Lei das Energias Renováveis, que garante maior remuneração para aquelas matérias-primas regenerativas, ou seja, aquelas que permitem

segunda colheita. Incentivos semelhantes deveriam ser adotados por todos os países produtores, inclusive pelo Brasil. Em contrapartida, deve-se promover maiores incentivos à agricultura familiar, como bases do PNPB do País. Atualmente, o biodiesel na Alemanha substitui 2% do petrodiesel consumido no País, e estima-se uma substituição de 10% até 2010 (Scholz et al., 2008).

A UE se configura como o terceiro maior produtor mundial de agrocombustíveis (etanol e biodiesel). Em 2006, a produção estimada desse combustível foi de aproximadamente 1,6 Mt e já em 2007 esse valor saltou para 2,3 Mt (Timossi, 2008).

Em 2006, a Alemanha respondeu por 66% do consumo dos agrocombustíveis na UE, acompanhada pela França, Áustria e Suécia, representando um percentual de consumo de 12,7%, 5,1% e 4,4%, respectivamente (Timossi, 2008). O consumo europeu de bioetanol está abaixo do seu potencial, não chegando a 900 Mt, o equivalente a 9% do consumo de agrocombustíveis da UE-25. Em contrapartida, a Alemanha e a Suécia consumiram, em conjunto, mais de 50% do total.

Outra questão importante é o uso da água para produção energética. A produção de grãos para combustíveis utiliza recursos naturais em maiores quantidades que a produção de petroderivados (Silva e Freitas, 2008). Alterações climáticas na Europa indicam graves conflitos quanto aos recursos hídricos, o que pode influenciar fortemente a agricultura de alimento e de energia do continente, que depende em média de 42% desse recurso (Timossi, 2008). Estima-se que, para produção 1 litro de B100, são consumidos 85 litros de água. Essa preocupação deve ser estendida para todos os países, especialmente os mais vulneráveis à escassez de água e aos eventos climáticos.

8.2 Estados Unidos

O programa americano de biodiesel é bem mais modesto que o europeu e apresenta diferenças importantes (Cadernos Nae, 2005). A produção de biodiesel dos EUA é baseada em duas matérias-primas principais: óleo de soja (maior escala) e óleo residual de frituras (menor escala). De acordo com a Comissão Nacional para o biodiesel (National Biodiesel Board – NBB), a produção dos agrocombustíveis no País aumentou consideravelmente. Em 2008, foram produzidos 2,64 bilhões de litros (16,64 milhões de barris) de biodiesel, contra 1,7 milhão de litros refinados no ano anterior (Figura 30).

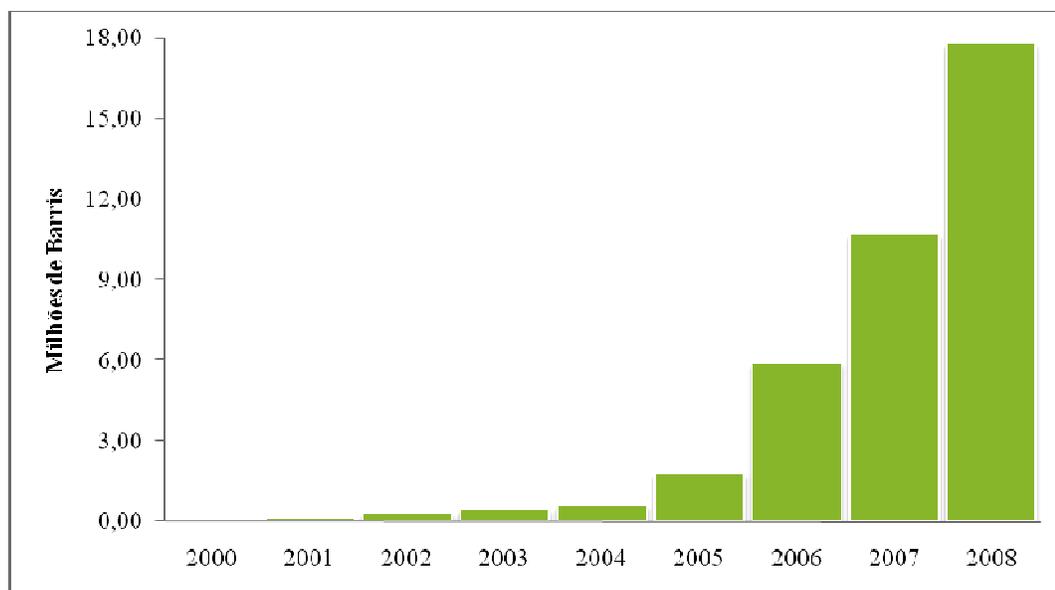


Figura 30. Produção de biodiesel nos EUA. Fonte: Adaptado de GP (2008).

O petrodiesel americano possui menor carga tributária. Entretanto, apenas a renúncia fiscal não viabiliza o biodiesel no País (Cadernos Nae, 2005). Por outro lado, medidas e atos normativos governamentais, além da pressão social sobre o estado, impulsionam a produção e o uso do biodiesel no País.

Apesar de os Estados Unidos fazerem uso restrito do diesel nos seus carros compactos (leve), a demanda de óleo diesel para suprir as necessidades dos veículos rodoviários é de 30 milhões de galões por ano. Porém, o uso do biodiesel nesse País ainda é pouco significativo, mas com a discussão da segurança energética e questões ambientais, esse cenário deve mudar (Gerpen, 2006).

O *Energy Policy Act* de 1992 (EPAAct, 1992) foi o instrumento responsável pelo impulso do programa de biodiesel nos EUA, obrigando parte da frota de veículos oficiais (governos federal, estaduais e municipais) a rodar com combustíveis alternativos. Por esse instrumento, 10% dos veículos deveriam utilizar combustíveis alternativos, não derivados do petróleo a partir de 2000, subindo para 30% em 2010. Todavia, a meta foi superada, e atualmente cerca de 75% da frota federal de veículos utiliza combustíveis alternativos. Os EUA também subsidiam a produção de biodiesel do País, por meio de reduções tarifárias, conforme o Bxx e a matéria-prima utilizada (Carvalho et al., 2007). O Bxx é uma nomenclatura que foi adotada internacionalmente para identificar a concentração do biodiesel ao petrodiesel, em que o B representa biodiesel e o xx o percentual de biodiesel adicionado ao petrodiesel.

8.3 Cenário brasileiro

O Brasil já é o segundo maior produtor e consumidor de biodiesel do mundo, com uma produção em 2008 de 1,2 bilhão de litros e uma capacidade instalada, em janeiro de 2009, de 3,7 bilhões de litros (ANP). Embora o petrodiesel não seja utilizado, no Brasil, em carros populares com motor a diesel, desde a instituição da Lei de 1976, que proíbe o uso desse tipo de combustível em carros compactos, ele é utilizado em diversos países, como Estados Unidos e Europa, respondendo por 1% e 33% de todo o mercado mundial, respectivamente (Gerpen, 2006). Há tendência de crescimento, principalmente na Europa. Para Mário Massagardi, diretor de engenharia e vendas da Robert Bosch da América Latina, o motor a diesel para veículos de passeio é, atualmente, a principal solução da Europa para reduzir a emissão de GEE, principalmente o CO₂ (Poggetto, 2008). O carro com motor a diesel tem custos menores, apresentando uma média de 30% a menos no consumo, se comparado ao carro movido à gasolina, além de ter melhor desempenho.

A proibição da Lei de 1976 causa polêmica e abre espaço para especulações. Com essa proibição, o Brasil cria dificuldade para se tornar exportador de carros compactos movidos a biodiesel, pois já existe grande demanda por esse produto no mercado, por seus aspectos positivos. É controverso o fato de o País com a maior política de produção de biodiesel não permitir o uso desse combustível em carros de passeio da frota nacional, somente em veículos com carga útil igual ou superior a 1 tonelada, ou modelos que sejam classificados como utilitários. Contudo, já tem uma iniciativa política para tentar reverter tão situação, o que pode garantir maior estabilização ao PNPB.

8.3.1 Programa Nacional de Uso e Produção de Biodiesel (PNPB)

O biodiesel brasileiro é resultado do mais novo programa governamental de fomento e incentivo às energias alternativas (Dias et al., 2009). Em 2003, o Núcleo de Assuntos Estratégicos (NAE), a pedido do Presidente da República, recebeu a missão de analisar tecnicamente temas estratégicos para o País, dentre eles os agrocombustíveis. O assunto ganhou importante espaço na agenda do núcleo, onde foram analisados: i) a produção e o uso do biodiesel e ii) a expansão da produção de etanol no Brasil. O tema agrocombustíveis foi consultado em vários setores governamentais e não-

governamentais e por diversos especialistas da área. O principal objetivo do núcleo foi propor uma estratégia para a diversificação da matriz energética brasileira, com a inserção dos agrocombustíveis, especialmente o biodiesel, como mais uma fonte renovável, segura e menos poluente, ainda como um mecanismo de redução da dependência de importações dos petrodiesel e, quando possível, como fator de divisas para o País.

Em 23 de dezembro de 2003, o governo federal instituiu, por meio de Decreto Presidencial, a Comissão Executiva Interministerial encarregada de implantar ações direcionadas à produção do biodiesel como fonte alternativa de energia (Cadernos Nae, 2005). Como resultado da ação governamental, foi lançado, em janeiro de 2005, por meio da Lei 11.097, o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel – PNPB, que dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira. Também foram aprovados diversos decretos e leis para fortalecer o programa, considerando as diretrizes estabelecidas pelo Conselho Nacional de Política Energética – CNPE quanto à produção e ao uso do biodiesel no País e as competências legais da ANP para regular e autorizar as atividades relacionadas à sua produção.

O PNPB previu a implementação de diretrizes, como: i) diversificar a matriz energética brasileira, com maior participação de fontes renováveis; ii) reduzir a importação de petrodiesel; iii) promover a inserção social (geração de emprego e renda), de maneira especial da agricultura familiar; iv) atenuar disparidades regionais; v) não restringir fontes de matéria-prima e rotas tecnológicas; vi) conceder incentivos fiscais e implementar políticas públicas sustentáveis; vii) garantir preços competitivos, qualidade e suprimento.

O programa não é restritivo quanto à matéria-prima utilizada. O agrocombustível pode ser produzido a partir de diferentes plantas energéticas (oleaginosas) e rotas tecnológicas, facilitando o acesso ao mercado do agronegócio, especialmente pela agricultura familiar, que poderá utilizar espécies regionais, aptas às condições climáticas locais. Embora cada oleaginosa apresente características peculiares, elas são igualmente aceitas para produção de biodiesel, desde que este atenda às especificações estabelecidas em lei pela ANP (Resolução ANP N° 7, de 19.3.2008).

8.3.1.1 Potencial de demanda por biodiesel

A Lei 11.097 ampliou a competência administrativa da ANP, renomeando-a como Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. A agência assumiu a competência de regular e fiscalizar as atividades relativas à produção, ao controle de qualidade, distribuição, revenda e comercialização do biodiesel, além da mistura binária (biodiesel-petrodiesel). A Lei 11.097/05, regulamentada pela Resolução ANP N° 7, de 19/03/2008, instituiu em seu Artigo 1º, parágrafo único, o percentual mínimo obrigatório de adição de biodiesel ao petrodiesel, que deverá ser comercializado ao consumidor final, em qualquer parte do território nacional. Em 2005, esse percentual mínimo foi fixado de adição do biodiesel B2 (nome da mistura contendo 98% do petrodiesel e 2% de biodiesel). Em 2008, o percentual mínimo do B2 passou a ser obrigatório. O cronograma planejado pelo governo federal foi antecipado, em razão dos avanços do programa. Em 10 de julho de 2008, o percentual de B2 passou para B3. A meta estabelecida foi então antecipada novamente. Foi publicada no diário oficial, a autorização da adoção do B4, em julho desse ano. Conforme cenários projetados, devido ao sucesso do programa, o Biodiesel B5 deverá entrar em vigor em 2010, antecipando a meta prevista para 2013. Por esse cenário que se visualiza no Plano Nacional de Energia (2005-2030), a mistura B8 deve ocorrer em 2020 e o B12 em 2030. A exceção ocorre com o consumo agropecuário, que apresenta estimativa do B38 em 2020 e do B60 em 2030, fazendo com que em 2030 o biodiesel adicionado atinja 18,9%, ou seja, 18,5 bilhões de litros por ano (PNE, 2007). É importante observar que a evolução desse processo depende da capacidade produtiva e da disponibilidade de matéria-prima estabelecida em lei. As regras permitem a produção a partir de diferentes oleaginosas e rotas tecnológicas, possibilitando a participação do agronegócio e da agricultura familiar no processo.

O incremento da adição de um ponto percentual como de B3 para B4 adicionado na mistura com petrodiesel representa aumento na produção anual de pelo menos 440 milhões de litros de biodiesel e mais de um bilhão de reais em faturamento para a indústria (Carvalho, 2009). Os percentuais da mistura do biodiesel ao petrodiesel e o mercado potencial de combustível estimado pelo governo federal estão apresentados na Figura 31.

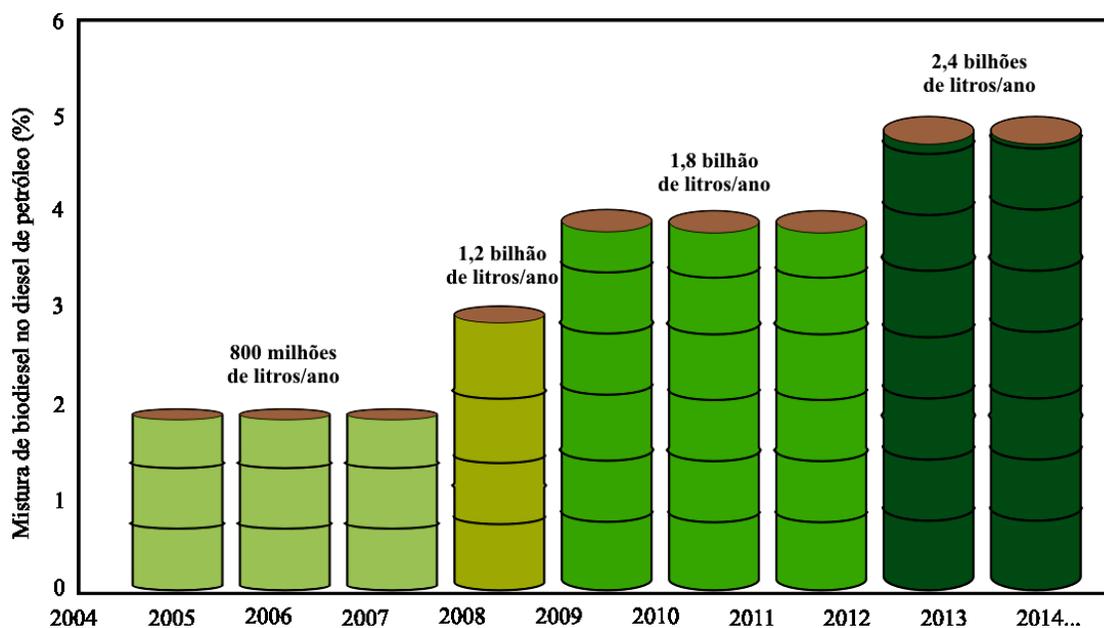


Figura 31. Percentual e tendência de mistura de biodiesel ao petrodiesel no Brasil e as projeções de mercado de biodiesel.

Para atender ao percentual mínimo obrigatório do B5 com plantas oleaginosas locais no Brasil, será necessária a ampliação das áreas cultivadas. De acordo com Peres (2003), a área de expansão possível para grãos é avaliada, nos cerrados brasileiros, em cerca de 90 milhões de ha, enquanto as áreas aptas para dendê atingem, na Amazônia, cerca de 70 milhões ha, dos quais cerca de 40% apresentam alta aptidão (Campos e Azevedo, 2003). A mamona teve seu zoneamento para o Nordeste concluído recentemente, sendo determinada sua aptidão em mais de 450 municípios (Cadernos Nae, 2005).

A venda do Bx (B3, B4, B5) é obrigatória em todos os postos que revendem petrodiesel, os quais estão sujeitos à fiscalização pela ANP.

Apesar da crise mundial, o Brasil encerrou 2008 de forma positiva. Com a adoção do B3, o País reduziu a importação de 1,1 bilhão de litros de diesel de petróleo, resultando em economia de US\$ 976 milhões, gerando divisas para o País (ANP, 2009). A produção nacional obteve aumento de cerca de 200% sobre o ano de 2007, saindo de 402 milhões de litros para quase 1,2 bilhão de litros (Carvalho, 2009). Esse incremento se deve ao início da obrigatoriedade da mistura B2 e à adoção do B3.

8.3.1.2 Selo Combustível Social

Uma das metas prioritárias do PNPB do governo federal é a inserção do agricultor, especialmente o de base familiar, na cadeia produtiva do biodiesel. Para isso, o governo lançou o Selo Combustível Social (SCS), por meio da Instrução Normativa MDA nº 01, de 05/07/2005, como forma de contribuir com a admissão do agricultor nesse processo. O SCS é um componente de identificação concedido pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário – MDA aos produtores de biodiesel que promovam a inclusão social e o desenvolvimento regional por meio da geração de emprego e renda para os agricultores familiares enquadrados nos critérios do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf).

O Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA), por meio da Instrução Normativa Nº 01, de 05 de Julho de 2005, dispõe sobre os critérios e procedimentos relativos à concessão de uso do SCS aos produtores de biodiesel. O produtor de biodiesel é aquele constituído na forma de empresa, cooperativa ou consórcio de empresas autorizado pela ANP a exercer a atividade de produção de biodiesel para comercialização ou para consumo próprio (Resolução ANP Nº 25, de 2.9.2008). Dentre as obrigações imputadas ao produtor de biodiesel, estabelecidas pela Instrução Normativa Nº 01 de 2005, estão: responsabilidade sobre o selo social a ele concedido; obrigação de manter contrato com o agricultor familiar, especificando as condições comerciais (valor, condições de ajustes) que garantam renda e prazos compatíveis com as atividades (esses contratos devem ser realizados, necessariamente, através de um representante da associação de agricultores familiares); e, finalmente, assistência e capacitação técnica.

A inserção do agricultor familiar na cadeia produtiva de biodiesel tem se estendido em todos os estados brasileiros, com maior incentivo do governo no Nordeste e nas regiões semiáridas. Trata-se de uma fonte alternativa de renda e desenvolvimento social, com tendência a fomentar a diversificação de cultivos de oleaginosas como matéria-prima a ser fornecida para as unidades processadoras e produtoras de biodiesel.

O produtor deve adquirir do agricultor familiar uma quantidade mínima definida pelo MDA (50% para a região Nordeste e a semiárida, 30% para as regiões Sudeste e Sul e 10% para as regiões Norte e Centro-Oeste). Em 2009, esse percentual foi reajustado, como forma de fortalecer a agricultura familiar e possibilitar mais equilíbrio entre as regiões, facilitando o investimento das empresas produtoras de biodiesel, principalmente as do Nordeste (SAF/MDA, 2008). Para as regiões Nordeste,

Sudeste e Sul, o percentual agora é de pelo menos 30% de aquisições (antes era 50%), para as regiões Norte e Centro-Oeste, este valor é de 10% até a safra 2009/10 e, a partir da safra 2010/11, será de 15%.

As novas mudanças no SCS trazem mais segurança e benefícios, tanto para os agricultores familiares quanto para os produtores de biodiesel, como: inclusão dos custos de aquisições de matérias-primas da agricultura familiar, como os gastos com análise de solos, prestação de assistência técnica, doação de insumos e serviços ao agricultor (100% para as compras das regiões Norte, Nordeste e do semiárido e para as regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul, o índice é de 50%); mais rigor no cumprimento das exigências do SCS pelas empresas produtoras (informar trimestralmente sobre o contrato com produtor e suas aquisições, e anualmente sobre a assistência técnica, além de fiscalização mais intensa nas empresas); e finalmente mais benefícios no leilão de biodiesel (reserva de 80% dos lotes daqueles produtores que possuam o SCS), o que é fundamental para garantir a segurança na comercialização da produção proveniente da agricultura familiar.

Em 30 de setembro de 2005, o MDA publicou a Instrução Normativa Nº 02/2005, que autorizava concessões para projetos de biodiesel, com o intuito de consolidar os empreendimentos aptos a receberem o SCS. O enquadramento social de projetos ou empresas produtoras de biodiesel detentoras do selo permite que elas tenham acesso a melhores condições de financiamento no BNDES e suas instituições financeiras credenciadas, como o Banco da Amazônia S/A (BASA), o Banco do Nordeste do Brasil (BNB), o Banco do Brasil S/A ou outras instituições financeiras que possuam condições especiais de financiamento para projetos com SCS.

O Programa de Apoio Financeiro a Investimentos em Biodiesel do BNDES, (Resolução BNDES no 1.135/2004), financia até 90% dos recursos de toda a cadeia do biodiesel para empresas com o selo e até 80% para empresas sem ele. Além disso, quem tiver o SCS pode concorrer em leilões de compra de biodiesel com melhores acessos, comparados àquelas empresas que não possuem o selo.

O governo criou, também, incentivos tributários aos produtores de biodiesel, por meio da Instrução Normativa Nº 1, de julho de 2005, como forma de consolidar o PNPB e, assim, estimular a produção de oleaginosas em todos estados brasileiros, em especial nas regiões Norte e Nordeste, por meio da agricultura familiar. Para isso, as usinas de biodiesel com SCS que adquirirem matéria-prima de agricultores familiares serão beneficiadas com reduções maiores ou isenção de tributos fiscais. Na prática, isso

limita a alíquota desses impostos incidentes sobre a receita bruta do produtor ou importador de biodiesel a um teto máximo (Carvalho et al., 2007).

A redução do PIS e da Cofins é de 89,6% para os produtores com SCS e 67% para aqueles que não possuem o selo, valor pago na compra de qualquer matéria-prima produzida por agricultores familiares. A redução pode chegar aos 100% na compra de palma e mamona nas regiões Norte e Nordeste (Tabela 6).

Tabela 6. Tributos fiscais para as UPBs, de acordo com a modalidade (com e sem SCS) e a matéria-prima utilizada no processo de produção por região.

Modalidade de produtor de biodiesel	Matéria-prima/Região*	
	PIS/Pasep e Confins (%)	
	Qualquer matéria-prima por região	Palma e Mamona (Norte, Nordeste e semiárido)
Sem SCS	67%	77,5%
Com SCS	89,6%	100%

*percentual de redução.

Fonte: Adaptado de MDA/SAF (2008).

O percentual de redução da alíquota se diferencia de acordo com o tipo de fornecedor de matéria-prima, se agricultor familiar ou não, com a matéria-prima utilizada no processo e com a região onde é produzida. É importante ressaltar que os valores apresentados na Tabela 6 são válidos apenas para os produtores que adquirem matéria-prima de agricultura familiar, independentemente se têm ou não o selo. Informa-se, ainda, que a mamona ou palma produzidas nas regiões Norte, Nordeste e no semiárido pela agricultura comercial têm redução de 30,5%. De acordo com o levantamento feito pelo MDA, no Nordeste, Sudeste e Sul, cerca de 80 mil agricultores familiares estão envolvidos na produção de oleaginosas, enquanto nas regiões Norte e Centro-Oeste esse número é de aproximadamente 2,7 mil agricultores. Apesar de esses números estarem aquém daqueles almejados pelo governo federal, o sucesso do programa aponta para uma perspectiva de desenvolvimento econômico, social e ambiental, tanto no meio rural quanto no meio urbano, uma vez que a mamona surge como alternativa de fomentar a renda do pequeno produtor e impulsionar a economia local, regional e nacional.

A empresa interessada em produzir e comercializar biodiesel deverá obter autorização junto a ANP, de acordo com a Resolução N° 25, de 2.9.2008 - DOU 3.9.2008, que institui em seu Art. 1° e no Regulamento ANP n° 3/2008, a atividade de

produção de biodiesel, que abrange a construção, modificação, ampliação de capacidade, operação de planta produtora e a comercialização de biodiesel.

Para promover o agromercado do biodiesel, foi criado um mecanismo de incentivo, estabelecido pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), adotando-se medidas de antecipação da obrigatoriedade, por meio da compra do combustível em leilões públicos realizados pela ANP. No mercado de leilões de biodiesel, os produtos são vendidos e comprados por meio de contratos de entrega futura em processos formais de licitação.

9. CAPACIDADE INSTALADA E POTENCIAL DAS UPBS BRASILEIRAS

A abertura do agromercado para o segmento do biodiesel estimulou a instalação de 65 UPBs autorizadas pela ANP em 2009, para operar na produção de biodiesel. Em 2005, a ANP autorizou 6 UPBs. Já em 2007, em razão do grande sucesso da PNPB, foram registradas 34 autorizações pela agência. A capacidade de produção do País passou de 60.720 m³/ano em 2005, para 2.005.506 m³/ano em 2007. Em abril de 2009, a capacidade de produção registrada das UPBs autorizadas foi de 4.098.178 m³/ano. Desse total, foram autorizadas para comercialização 2.479.439 m³/ano. A produção de biodiesel também conta com a participação de universidades e centros de pesquisa desse novo mercado, a exemplo da Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará - Nutec.

Desde 2005, com a abertura do agromercado de biodiesel, o volume produzido deste agrocombustível (B100) tem aumentado. Em 2005, foram produzidos 736 m³, valor considerado inexpressivo diante do cenário atual. Em 2008, o volume produzido foi de 1.167.128 m³. Já em maio de 2009, segundo dados divulgados pelo boletim mensal da ANP, foram produzidos 406.120 m³. O agromercado brasileiro, após o marco regulatório, reflete o sucesso do PNPB. As UPBs estão distribuídas em todas as regiões brasileiras, sendo o Centro-Oeste, o Sudeste e o Nordeste as regiões que apresentam maiores números de UPBs autorizadas pela ANP, representado 44,6, 24,6 e 12,3%, respectivamente (Tabela 7).

Tabela 7. Número de UPBs autorizadas pela ANP por região

Região	Número de UPBs	Total (%)
Norte	6	9,2
Nordeste	8	12,3
Centro-Oeste	29	44,6
Sudeste	16	24,6
Sul	6	9,2
Total	65	100

Fonte: Adaptado da ANP (2009).

A maior concentração de UPBs na Região Centro-Oeste se deve, provavelmente, a maior concentração do cultivo da soja nessa região. Na região Nordeste, onde a matéria-prima principal é a mamona, o alto número de UPBs é justificado pela maior redução de tributos fiscais concedida pelo programa. O Brasil apresenta uma ampla diversidade de matérias-primas para produção de biodiesel. As UPBs atualmente utilizam como matéria-prima a soja, o sebo bovino, o caroço de algodão, o dendê, a mamona, o girassol, o nabo forrageiro e, recentemente, o pinhão manso.

10. LEILÕES DE BIODIESEL

A ANP realiza, desde 2005, os leilões de biodiesel estabelecidos por lei. Estes leilões foram criados pelo governo como forma de estimular a construção de UPBs e são regulados pela ANP, para venda antecipada, a preços *Free on Board* (FOB), da produção planejada das UPBs à Petrobras (Amorin, 2008). O mercado de leilões de biodiesel é onde o biodiesel B100 das UPBs é negociado por meio de processos formais de licitação. O B100 é vendido e comprado mediante contratos de entrega futura. De acordo com a ANP, o objetivo inicial dos leilões foi gerar mercado e, desse modo, estimular a produção de biodiesel em quantidade suficiente para que refinarias e distribuidores pudessem compor a mistura (BX) determinada pela lei, que instituiu atualmente 3% de obrigatoriedade da mistura ao petrodiesel, com metas a serem antecipadas pelo Conselho Nacional de Políticas Energéticas (CNPE) no mês de julho (2009) para 4%, já aprovada pela Resolução ANP N° 7. Em 2008, o consumo de petrodiesel em mistura com biodiesel foi de 45.979,000 m³ e a produção de biodiesel B100 de 1.167.128 m³. Espera-se um mercado potencial de 1,8 bilhão de litros, estabelecido por leis específicas vigentes.

Quanto aos leilões de compra de biodiesel realizados pela ANP, eles tiveram como objetivos básicos estimular a formação/desenvolvimento do mercado interno de biodiesel, reduzindo a assimetria de informações quanto aos preços e custos e, ao mesmo tempo, antecipar as oportunidades de promover a inclusão social (Gomide, 2006). Por essa razão, 80% dos lotes são reservados às UPBs que possuem SCS. No início do programa, somente as UPBs que tinham o selo podiam participar dos leilões. De acordo com regras vigentes, o leilão é realizado em duas etapas, a primeira com 80% do volume total, exclusiva para as UPBs que possuem SCS e a segunda etapa para os 20% das UPBs não detentoras do SCS.

Desde o lançamento do programa de biodiesel, foram realizados quatorze leilões de biodiesel pela ANP e diversos leilões para a formação de estoque pela Petrobras. A ANP realiza os leilões com o objetivo de garantir a mistura obrigatória de biodiesel prevista na lei. Já os leilões da Petrobras são destinados à formação de estoques, para que eventuais problemas de fornecimento das usinas sejam compensados com a oferta adicional. A produção e o uso do biodiesel no Brasil propiciam o desenvolvimento de uma fonte energética sustentável sob os aspectos ambiental, econômico e social e também trazem a perspectiva da redução das importações do petrodiesel (ANP, 2009). Se não fosse obrigatória a mistura do biodiesel ao petrodiesel, em conjunto com as vantagens oferecidas pelo governo, o agrocombustível tornar-se-ia inviável do ponto de vista econômico, em comparação ao petrodiesel convencional.

Os produtores e importadores de petróleo estão obrigados a adquirir o biodiesel de acordo com sua participação no mercado, no qual a Petrobras é a maior compradora, completando, assim, um ciclo que se inicia com a produção de matérias-primas e se estende até os postos de distribuição de combustíveis (Monteiro, 2007).

O primeiro e o segundo leilão tiveram a participação das UPBs autorizadas pela ANP e aqueles com projetos de SCS em execução. Já no terceiro leilão, apenas as UPBs autorizadas pela ANP e as detentoras do Registro Especial puderam participar. No quarto, participaram a mesma categoria do primeiro e segundo leilões. A partir de então, o leilão foi realizado em duas etapas, uma para aquelas autorizadas pela ANP, detentoras do Registro Especial e aquelas com SCS e na segunda etapa os participantes autorizados pela agência e detentores do Registro especial. A partir do 8º leilão, utilizou-se o leilão presencial e a partir do 13º passou a ser exigida a autorização para comercialização para todas as UPBs participantes. O pregão, de modalidade presencial, teve como vencedoras as empresas que ofereceram o menor preço.

Do primeiro ao décimo quarto leilões da ANP, foi arrematado um volume variando de 45.000 a 550.000 m³, totalizando 3.580.000 m³. Os preços médios por m³ variaram entre R\$ 1.746,48 (4º leilão) e R\$ 2.691,70 (8º leilão) (Figura 32).

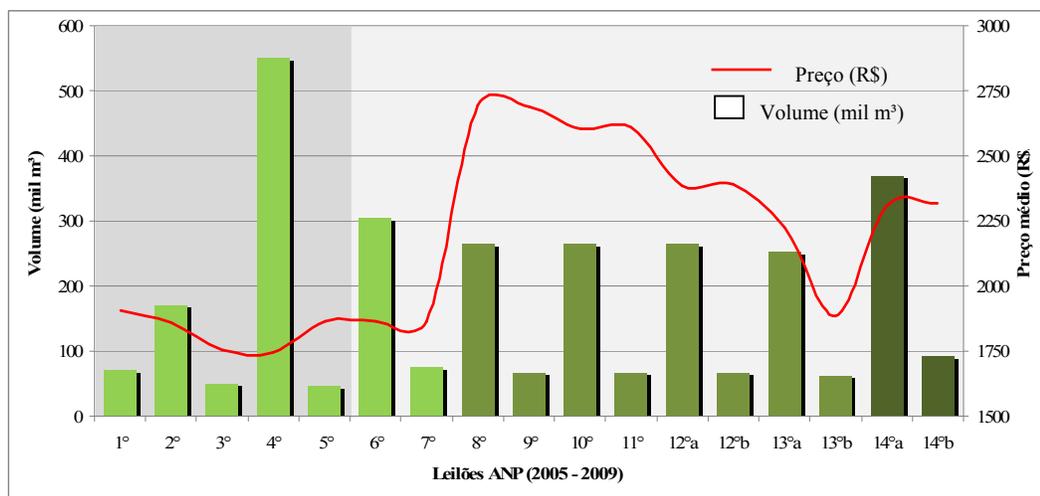


Figura 32. Evolução dos leilões de biodiesel em m³ e R\$/m³.
Fonte: Adaptado da ANP (2009b).

Entre o primeiro e o quarto leilão, o preço teve um deságio de 8,4%, passando de uma média de R\$ 1.904,84 (1,90/litro) para 1.744,83 m³ (1,74/litro). Já no quinto leilão houve uma recuperação no preço médio das ofertas vencedoras, voltando a patamares próximos ao do segundo leilão. No oitavo leilão, o preço médio foi o maior registrado até hoje, e coincidentemente com a antecipação da obrigatoriedade do B3, fato explicado pela lei da oferta e procura. A partir de então, o preço médio permaneceu igual ou maior que R\$ 2.388,82 m³ (2,38/litro), exceto na segunda fase do décimo terceiro leilão, quando o preço registrado foi de R\$ 1.885,38 m³ (1,88/litro), com deságio de 27,97% em relação à primeira fase do décimo terceiro leilão (Figura 32).

No 13º leilão de biodiesel, organizado pela ANP, foram comercializados 315 milhões de litros do produto, resultado da participação de 25 UPBs autorizadas para comercialização (Figura 33), movimentando R\$ 678,5 milhões (Duarte, 2009).

No total, o maior volume foi vendido pela Oleoplan (42,5 milhões de litros), seguida pela Brasil Ecodiesel (42,2 milhões de litros), Granol (42 milhões de litros) e pela Petrobras (33,84 milhões de litros). Juntas, essas quatro empresas venderam mais da metade de todo o biodiesel do segundo trimestre (Duarte, 2009) (Figura 33).

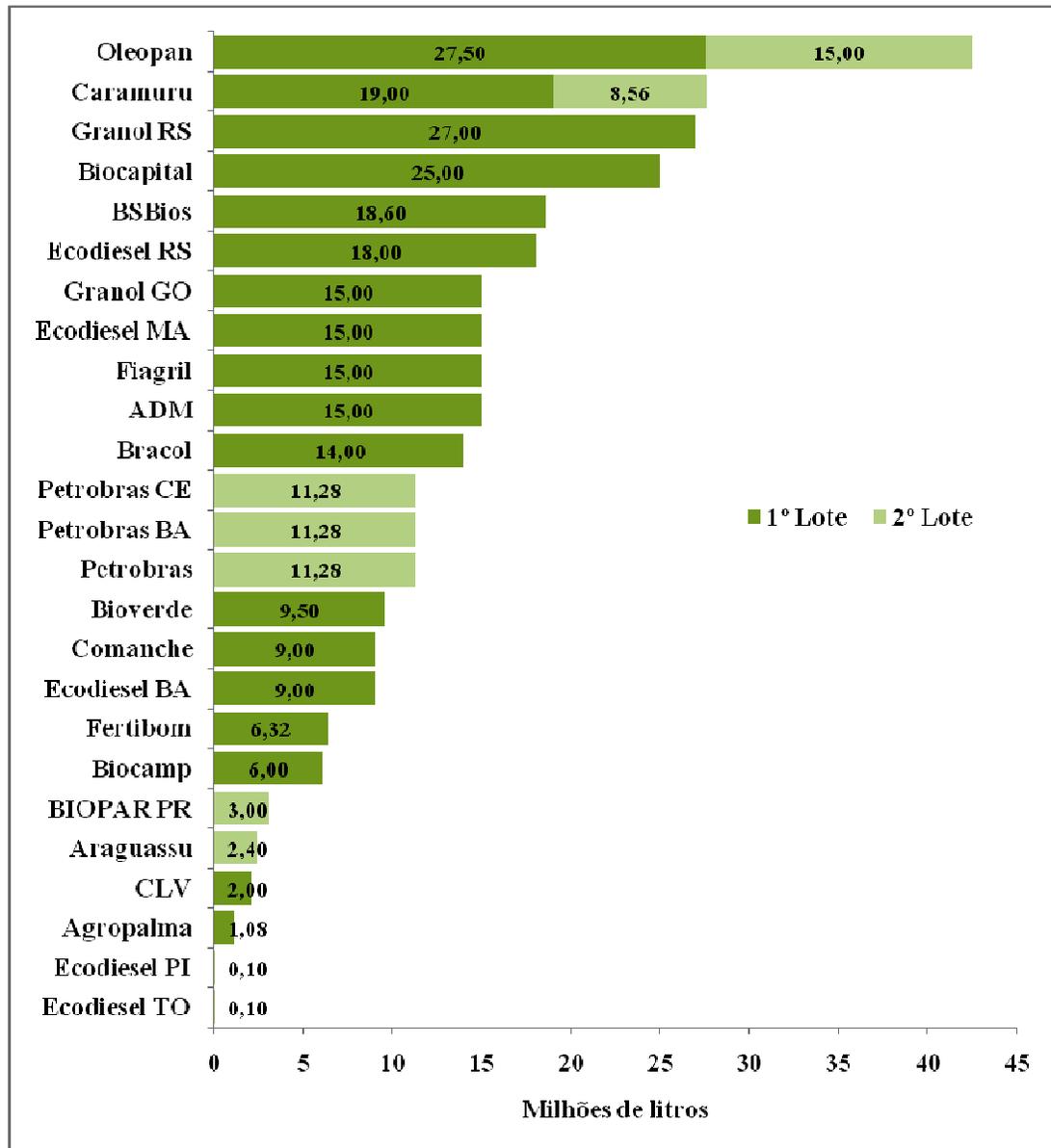


Figura 33. Décimo terceiro leilão da ANP, representadas por 25 UPBs. Fonte: Duarte (2009).

Os leilões são uma importante ferramenta de incentivo à produção de biodiesel e à instalação de novas UPBs, dando maior confiabilidade à comercialização do produto final. Todavia é preciso eliminar alguns gargalos da cadeia produtiva do biodiesel, especialmente quanto ao tipo, o volume e os preços das matérias-primas utilizadas no processo, como forma de minimizar os riscos da atividade e consolidar esse agromercado. É preciso enfrentar os desafios que surgem na cadeia produtiva desse novo segmento, para que o biodiesel se torne uma *commodity* internacional, bem como um mercado potencial de carbono.

11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AEBIOM - Association européenne pour la Biomasse (Associação Europeia de Biomassa). 2007. Disponível em: <http://www.aebiom.org/IMG/doc/Press_release_13Sept2007_statistics.doc> Acesso: 15 de Abr. 2009.

AMARAL, W. A., 2006. “**Matérias-Primas para Produção de Biodiesel**”. In: Relatório sobre o Seminário Internews Biodiesel e H-Bio-Pólo Brasileiro de Biocombustíveis.

ANFAVEA – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. 2009. Disponível em: < <http://www.anfavea.com.br/anuario2009/indice.pdf>>. Acesso em: 20 mar 2009.

ANDRADE, M.V.; OLIVEIRA, T.S.; SOUSA, L.C.A.; OLIVEIRA,G.L.;COSTA,J.L.A.C.; HILST, P.C.; DIAS, LAS. Coleta de germoplasma de pinhão manso (*jatropha curcas* L.) nas regiões do triângulo, noroeste e norte de Minas Gerais. In: V Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel. VARGINHA-MG. **Anais...** Lavras- MG. UFLA, 2008 p. 938-943.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Fontes renováveis (Parte II). Biomassa. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 2008 a. p. 64-74. Disponível em: <aneel.gov.br>. Acesso em: 12 março 2009.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. A energia para um novo mundo. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 2008 b. 2008. p. 146-157. Disponível em: <aneel.gov.br>. Acesso em: 12 março 2009.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. A energia para um novo mundo. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. Energia no mundo e no Brasil. 2008 c. Parte I. 2008. p. 39-48.

ANP – Agência Nacional de Petróleo, Gás natural e Biocombustíveis. 2009. **Boletim mensal**. (2009a). Disponível em: <http://www.anp.gov.br/doc/dados_estatisticos/Producao_de_Gas_Natural_m3.xls> Acesso em: 5 de julho de 2009.

ANP – Agência Nacional de Petróleo, Gás natural e Biocombustíveis. **Leilões de biodiesel** (2009b). Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=10849&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&Cachebust=1259579525687>> Acesso em: 29 mai 2009.

ANP – Agência Nacional de Petróleo, Gás natural e Biocombustíveis. **Reservas do Brasil** em 31/12/2008. (2008a). Disponível em: <http://www.anp.gov.br/doc/petroleo/reservas_20081231.pdf>. Acesso em: 20 de janeiro 2009.

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Estudo sobre as Especificações Internacionais para os Biocombustíveis**. (2008b) Disponível em:

<http://www.anp.gov.br/biocombustiveis/estudos_biocombustiveis.asp>. Acesso: 13 de mar 2009.

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **ANP divulga dados sobre reservas de petróleo e gás natural**. 2008. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/conheca/noticias_int.asp?intCodNoticia=264>. Acesso: 12 de mar 2009.

ARAGÃO, A.P. **Estimativa da contribuição do setor petróleo ao produto interno bruto brasileiro: 1955/2004**. 165 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

BARNWAL, B.K.; SHARMA, M.P. Prospects of biodiesel of production from vegetable oils in Índia. **Renewable & Sustainable Energy Reviews**, v.9, p. 363-378, 2005.

BEDIN, M. Faesc calcula prejuízos de R\$ 500 milhões. *Mídia Mais*. 30 dez 2008. Disponível em: <<http://www.midiamaais.jor.br/index.php?id=noticias&idnoticias=2154>>. Acesso em: 20 jan. 2009.

BELTRÃO, N.E.M. **Considerações gerais sobre o pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) e a necessidade urgente de pesquisas , desenvolvimento e inovações tecnológicas para esta planta nas condições brasileiras**. Campina Grande, 2006. Disponível em: <<http://www.mda.gov.br/saf/arquivos/0705910897.doc>>. Acesso em: 25 Mar. 2007.

BELTRÃO, N.E.M.; LIMA, R.L.S.; SEVERINO, L.S.; SAMPAIO, L.R.; SOFIATTI, V.; LEÃO, A.B. Crescimento e acúmulo de nutrientes pelo pinhão manso sob interferência de plantas daninhas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, IV, 2007, VARGINHA-MG. **Anais...** Lavras- MG. UFLA, 2007. p. 1892-1900.

BIOCOMBUSTÍVEIS EM FOCO. Stephanes defende agenda única para biocombustíveis. **Biocombustíveis em Foco**. Ano I – Nº 2 Fevereiro de 2009.

BIODIESELBR. **Por que a soja domina no biodiesel nacional?** 2008. Boletim. n. 441. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/biodiesel/boletim/441.htm>> Acesso em: 23 jan. 2009.

BIONDI, A.; MONTEIRO, M.; GLASS, V. **O Brasil dos agrocombustíveis: impactos das lavouras sobre a terra, o meio e a sociedade** - palmáceas, algodão, milho e pinhão manso. *Repórter Brasil*. 2008. v. 2, 50p.

BIZZOTTO, B. País produz 18 bilhões de sacolas plásticas. **Estadão**, São Paulo, 26 fevereiro 2009. Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/noticias/vidae,pais-produz-18-bilhoes-de-sacolas-plasticas,330305,0.htm>>. Acesso em: 07 mar 2009.

BNDES/CGEE – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – Centro de Gestão de Estudos Estratégicos. **Biocombustíveis como vetor do Desenvolvimento Sustentável**. In: Conferência Internacional sobre Biocombustíveis. 19p. 2008.

BP - British Petroleum. **Statistical Review of World Energy**. June 2008. 48p. Disponível em: http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2008/STAGING/local_assets/2009_downloads/statistical_review_of_world_energy_full_report_2008.pdf. Acesso em: 20 Jul 2008.

BRASIL - Empresa de Pesquisa Energética. **Balço Energético Nacional 2008: Ano base 2007: Resultados Preliminares**. Rio de Janeiro: EPE, 2008. 44p.

BRASIL - Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Energia 2030**. Brasília, MME: EPE, 2007, p. 324.

CADERNOS NAE – Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. Biocombustíveis. Brasília: NAE/Secretaria de Comunicação de Governo e Gestão Estratégica, 2005 (Cadernos NAE nº 2) 233p. Disponível em: <http://www.biodiesel.gov.br/Documentos.html>. Acesso em: 22 set. 2007.

CARVALHO, M.; VILELA, P.S.; OLIVEIRA, R.O. **Biodiesel em Minas Gerais: riscos e oportunidades**. FAEMG. 2007,44p.

CARVALHO, R. Agroenergia e Biocombustíveis no Brasil. 28 de fevereiro de 2009. Biocombustíveis em foco. Ano I, n. 2, p. 12- 21, 2009.

CEPLAC. **O Dendezeiro como cultura energética para os trópicos úmidos**. Disponível em: <http://www.ceplac.gov.br/radar/semfaz/dendezeiro.htm>. Acesso em: 6 de maio de 2009.

COGGIOLA, O. **Islã histórico e islamismo político**. 2007. Disponível em: http://www.gtehc.pro.br/Textos/isla_historico_e_islamismo_politico.pdf. Acesso em: 15 de março de 2009.

COHEN, C. **Padrões de consumo, energia e meio ambiente**. 2005. Disponível em: http://www.uff.br/econ/download/tds/UFF_TD185.pdf. Acesso em: 15 ju 2009

CONAB, 2008. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/BrazilProdutoSerieHist.xls>. Acesso em 15 de março de 2009.

CONEXÃO TOCANTINS. **O potencial do pinhão manso é tema de discussão no Tocantins**. Disponível em: <http://conexaotocantins.com.br/noticia/potencial-do-pinhao-manso-e-tema-de-discussao-no-tocantins/2381>. Acesso em: 10 Abr. 2009.

DIAS, L.A.S.; MISSIO, R.F.; RIBEIRO, R.M.; FREITAS, R. G.; DIAS, P. F.S. Agrocombustíveis: perspectivas futuras. **Revista Bahia Análise & Dados**. Salvador, BA, v. 18, n.4, p. 539-548, 2009.

DIAS, L. A. S., 2008. **Biocombustível: vilão ou mocinho do agronegócio?** (2008a) Disponível em: <http://www2.cead.ufv.br/espacoProdutor/scripts/arquivoArtigo.php?conrador=2>. Acesso em 15 de junho de 2009.

DIAS, L.A.S.; LEME, L.P.; LAVIOLA, B.G.; PALLINI, A.; PEREIRA, O.P.; DIAS, D.C.F.S.; CARVALHO, M.; MANFIO, C.E.; SANTOS, A.S.; SOUSA, L.C.A.; OLIVEIRA, T.S.; PRETTI, L.A. (2007a). **Cultivo de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) para produção de óleo combustível**. Ed.L.A.S. Dias, Viçosa, 40p.

DIAS, L.A.S., CARVALHO, E., GUIMARÃES, L.M.S., DIAS, D.C.F.S., LAVIOLA, B.G. & LEME, L.P. (2007b). **Variabilidade genética de pinhão manso plantado na região de Viçosa, MG, Brasil**. In: II Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel. MCT/ABIPTI, Brasília, p. 1-5.

DIAS, L.A.S.; MULLER, M.D.; FERNANDES, E. N. Potencial do uso de oleaginosas arbóreas em sistemas silvipastoris. (2007c). In: FERNANDES, E. N.; PACUILLO, D.S.; CASTRO, C.R.T.; MILLER, M.D.; ARCUR, P.B.; CARNEIRO, J.C. **Sistemas agrossilvipastoris na América do sul: desafios e potencialidades**. Juíz de Fora, MG. 2007. p. 284-314.

DUARTE, A. **Foi realizado o 13º Leilão de Biodiesel pela ANP**. 27 de fevereiro de 2009. Disponível em: <http://www.iica.org.br/Docs/Publicacoes/Agronegocio/2009/biocombustiveis_em_FOCO-AnoI-N002.pdf>. Acesso em: 28 de fev. 2009.

ECOTECNOLOGIA. 2007. **Os 20 maiores em emissões de CO₂**. Ecotecnologia. 6 dez. 2007. Disponível em: <http://ecotecnologia.wordpress.com/2007/12/06/os-20-maiores-em-emisses-de-co2/>>. Acesso em: 20 janeiro 2008.

ESCOBAR, H. **Brasil vai produzir diesel de cana-de-açúcar a partir de 2010**. O Estado de S. Paulo, São Paulo, Ciência e meio ambiente. 14 out. 2008.

ESCOBAR, H.; PAMPLONA. Produção de diesel à partir da cana-de-açúcar. 2009. Biocombustíveis em Foco. Ano 1, nº2, p. 27-28. 2009. Disponível em: <http://www.iica.org.br/Docs/Publicacoes/Agronegocio/2009/Biocombustiveis_em_FOCO-AnoI-N002.pdf>. Acesso: 20 de abril de 2009.

FERNANDES, R.K.M.; PINTO, J.M.B.; MEDEIROS, O.M.; PEREIRA, CA. **Biodiesel a partir de óleo residual de fritura: alternativa energética e desenvolvimento sócio-ambiental**. XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. 10 p, 2008. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STO_077_542_12014.pdf>. Acesso em: 12 maio 2009.

FERRARI, R. A.; OLIVEIRA, V. S.; SCABIO, A.; Biodiesel de soja - taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia. **Química Nova**, v.28, n.1, p. 19-23, 2005.

FOGLIA, T.A; HAAS, M.J. Matérias primas alternativas e tecnológicas para a produção de biodiesel. In: KNOTHE, G. et al, Manual do Biodiesel, São Paulo: Edgard Blucher, 2006. p. 46 – 66.

FURLAN-JÚNIOR, J.; KALTNER, F.J.; AZEVEDO, G.F.P.; CAMPOS, I.A. **Biodiesel: porque tem que ser dendê**. Embrapa. Belém, PA. 2006, 205p.

GAZZONI, D.L. **Biodiesel e competitividade. EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa agropecuária – Agroenergia** / artigos, 2006. Disponível em: <www.biodieselbr.com.br/colunas>. Acesso em: 10 maio 2009.

GERPEN, J.V.; KNOTHE, G. O. Produção de biodiesel. In: KNOTHE, G. et al., **Manual do Biodiesel**, São Paulo: Edgard Blucher, 2006. cap 4. p. 29 – 45.

GLOBO. Petrobras anuncia descoberta de nova fonte de petróleo no pré-sal. 14 abr. 2009. **G1**. Disponível em: <http://g1.globo.com/Noticias/Economia_Negocios/0,,MUL1085219-9356,00-PETROBRAS+ANUNCIA+DESCOBERTA+DE+NOVA+FONTE+DE+PETROLEO+NO+PRESAL.html>. Acesso em: 15 abr. 2009.

GOMES, M.; BIONDI, A.; BRIANEZI, T.; GLASS, V. **O Brasil dos Agrocombustíveis: Impactos das Lavouras sobre a Terra, o Meio e a Sociedade - Soja e Mamona 2009**. 2009, 58p.

GONÇALVES N.P; FARIA, M.A.V.de R.; SATURNINO, H.M.; PACHECO,D.D. Cultura da Mamoneira. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, MG. v. 26, n. 229, p. 28-32, 2005.

HOWELL, S.; JOBE, J. O estado-da-arte da indústria do biodiesel. In: KNOTHE, G. et al, **Manual do Biodiesel**. São Paulo: Edgard Blucher, 2006. cap 8. p. 203 – 267.

IEA - International Energy Agency. World Energy outllok. China and India. Paris, 2007. 674p. Disponível em: <http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2007/weo_2007.pdf>. Acesso em: 15 maio 2008.

IEA - International Energy Agency. World Energy outllok. Paris, 2006. 601p. Disponível em: <<http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2006/weo2006.pdf>>. Acesso em: 15 Ago. 2008.

IPEA –Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. 24 de março de 2009. Disponível em: <http://ipeadata.gov.br/ipeaweb.dll/ipeadata?SessionID=655556761&Tick=1247321598968&VAR_FUNCAO=SubmeterFormulario%28%27frmMain%27%2C%27Series%3FSessionID%3D655556761%26Text%3Dpib%20mundial%26Tick%3D1247321598968%27%29%3B&Mod=M>. Acesso em: 03 de abril de 2009.

KAHN, M. **Desconstruindo o barril do petróleo**. 2008. Disponível em: <http://www.clubedopetroleo.com.br/analise_14.shtml>. Acesso: 12 mar. 2009.
KAHN, M. Desconstruindo o Barril do Petróleo. **Artigonal**. 08 dez 2008. Disponível em:<<http://www.artigonal.com/ger-de-projetos-artigos/desconstruindo-o-barril-do-petroleo-675551.html>>. Acesso em: 20 de janeiro 2009.

KNOTHE, G. A História dos combustíveis derivados de oleos vegetais. In: KNOTHE, G. et al, **Manual do Biodiesel**, São Paulo: Edgard Blucher, 2006. p. 5 – 18.

LE MONDE DIPLOMATIQUE. 2006. Disponível em: <<http://diplo.uol.com.br/2006-05,a1304>>. Acesso em: 20 Jul 2009.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Instrução Normativa N° 4, de 14 de janeiro de 2008.** Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=18392>>. Acesso em: 12 de Fev. 2008.

MARENGO, J.A. Água e mudanças climáticas. Instituto de Estudos Avançados da USP, (on line) Academia Brasileira de Ciências. São Paulo. v. 22, n. 63, 2008. p.83- 96. Disponível em: < http://www.scielo.br/pdf/ea/v22n63/en_v22n63a06.pdf>. Acesso em: 15 Jan 2009.

MELO, JAMES C. ; STRAGEVITCH, L. ; PACHECO FILHO, J. G. A. ; BRANDER JR, WALTER ; CAMPOS, RONALDO J. A. ; SCHULER, ALEXANDRE R. P. . **Avaliação Preliminar do Potencial do Pinhão Manso para a Produção de Biodiesel.** In: I Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel, 2006, Brasília. I Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel, 2006. v. 2. p. 198-203.

MILANI, A.; MONTEIRO, M.; PIMENTEL, S.; GLASS, V. **O Brasil dos Agrocombustíveis: Impactos das Lavouras sobre a Terra, o Meio e a Sociedade - Soja e Mamona.** 2008. 58p.

MME – Ministério de Minas e Energia. **Resenha energética brasileira.** Ano base: 2008. Brasília, DF. 22p. 2009.

MONTEIRO, J.M.G. **Plantio de oleaginosas por agricultores familiares do semiárido nordestino para produção de biodiesel como uma estratégia de mitigação e adaptação às mudanças climáticas.** 315 f. Tese (Doutorado em Ciências em Planejamento Energético) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

MORET, A. D. Rodrigues, L. Ortiz; Critérios e Indicadores de Sustentabilidade Para Bioenergia. Fórum Brasileiro de ONGs e Movimentos Sociais (FBOMS)4. 2006. Disponível em: <http://www.fboms.org.br/gtenergia/bioenergia.pdf>.

NASCIMENTO, M. G.; COSTA NETO, P. R.; MAZZUCO, L. M. Biotransformação de óleos e gorduras. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento.** v.19, p.28, 2001.

OKADA, S.I.; AGUIAR, M.A. Desenvolvimento regional e agroenergia: perspectivas de sustentabilidade com a expansão do biodiesel. In: XLV Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Londrina, PR. p. 1- 19, 2007. Disponível em:< <http://www.sober.org.br/palestra/6/199.pdf>>. Acesso em: 25 de agosto de 2009.

O AGRÔNOMO. **Boletim Técnico IAC.** v. 56, n. 06. 2004. p. 32. Disponível em: < www.iac.sp.gov.br/OAgronomico/56_1/Editorialagronomico56-1-2.pdf> Acesso em: 25 jul 2008.

PARENTE, E. J. de S. Biodiesel: uma aventura tecnológica num País engraçado. Fortaleza, **Unigráfica**, 2003, 66 p.

PEIXOTO, A.R. **Plantas oleaginosas arbóreas.** São Paulo: Nobel, 1973. 284p.

PETROBRAS – **História.** Disponível em: <http://www2.petrobras.com.br/portugues/ads/ads_Petrobras.html. > Acesso em: 20 de janeiro 2009.

POGGETTO, P. D. Proibição de carros a diesel no País prejudica exportação, dizem analistas. 2008. **Globo.** Disponível em: <<http://g1.globo.com/Noticias/Carros/0,,MUL753876-9658,00-PROIBICAO+DE+CARROS+A+DIESEL+NO+PAIS+PREJUDICA+EXPORTACAO+DIZEM+ANALISTAS.html>>. Acesso em: 15 de Abr. 2009.

RATHMANN, R. et al (2005), “**Biodiesel: Uma Alternativa Estratégica na Matriz Energética Brasileira?**” In: II Seminário de Gestão de Negócios, 2005, Curitiba, II Seminário de Gestão de Negócios, Curitiba, UNIFAE, v. 1, 2005.

REPSOLD JÚNIOR, H. **A competição e a cooperação na exploração e produção de petróleo.** 226 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

Revista Planeta Cidade - **Meio ambiente, inclusão social e consumo consciente.** Nº 16 Maio/Junho de 2007.

ROCHA, R.N.C. **Culturas intercalares para sustentabilidade da produção de dendê na agricultura familiar.** Viçosa, 2007. (Tese Doutorado) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

ROSCOE, R. Pinhão manso não faz milagres, mas é boa opção para o biodiesel. **Agriannual.** São Paulo: FNP, 2009. p. 43- 45. (2008)

ROSCOE, R. Pinhão manso põe os pés no chão: A euforia acabou a cultura da oleaginosa começa a ser encarada com profissionalismo e maturidade. **Agriannual.** São Paulo: FNP, 2009. p. 42- 43.

SANTOS, R. B.; SERRATE, J. W.; CALIMAN, L. B. (IC), LACERDA JR, V.; CASTRO, E. V. R. **Avaliação do Uso de Óleo Residual Usado em Fritura para a Produção de Biodiesel e Estudo da Transesterificação de Óleo de Soja com Álcoois de Cadeia de até Quatro Carbonos.** 2007. Congresso. Disponível em: <http://www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2007/producao/10.pdf>. Acesso em: 10 de maio 2009.

SATURNINO, H. M.; PACHECO, D. D.; KAKIDA, J.; TOMINAGA, N.; GONÇALVES, N.P. Cultura do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). **Informe agropecuário,** Belo Horizonte, v. 26, n. 229, p. 44 – 78, 2005.

SEVERINO, L.C. Estratégia para desenvolvimento de programas de agrocombustíveis em Países Latinos Americanos. 2007. Agrocombustíveis em Foco. ICAA. Ano 1, nº2, p. 34-36. 2009. Disponível em: <http://www.iica.org.br/Docs/Publicacoes/Agronegocio/2009/Biocombustiveis_em_FOCO-AnoI-N002.pdf>. Acesso: 20 de abril de 2009.

SHIKLOMANOV, I. A. et al. The dynamics of river water inflow to the Arctic Ocean. In: LEWIS, E. L. et al. (Ed.) **The Freshwater Budget of the Arctic Ocean.** Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2000. p.281-96.

SHOLZ, V.; SILVA, J.N.; HEIERMANN, M.; GALVARRO, S.F.S.; KAULFUSS, P. **Bionergia Brasil e Alemanha**. (Boletim Técnico, 12). Viçosa, MG. UFV, DEA, 2008. 78p.

SILVA, P.R.F.; FREITAS, T.F.S. Biodiesel: o ônus e o bônus de produzir combustível. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.3, 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Respiração e metabolismo de lipídeos. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed. p. 251-284, 2006.

TIMOSSI, A.J. Biocombustíveis dominam agenda política da União Européia. **Agrianual**. São Paulo: FNP, 2008. p. 34-36.

TOMINAGA, N.; KAKIDA, J.; YASUDA, E.K. **Cultivo de pinhão manso para produção de biodiesel**. Viçosa, MG, CPT, 2007. 220p.

UNITINS – Fundação Universidade do Tocantins. **O Projeto**. Disponível em: <<http://www3.unitins.br/saojoao/Projeto.aspx>>. Acesso em: 20 Ag. 2009.

WORLD OIL OUTLOOK 2008. 234 p. Vienna, Áustria. Disponível em: <<http://www.opec.org/library/world%20oil%20outlook/WorldOilOutlook08.htm>>. Acesso em: 20 de janeiro de 2009.

WTRG ECONOMICS, 2008. Disponível em www.wtrg.com/prices.htm. Acesso em 22 de março de 2009.

CAPÍTULO III: PRODUÇÃO NACIONAL DE BIODIESEL: CENÁRIO ATUAL

1. INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta um cenário energético estratégico, por apresentar características favoráveis do ponto de vista edafoclimático e natural, além de experiência em toda a cadeia agroenergética. Desse modo, o País está apto a liderar o mercado agroenergético mundial, especialmente de agrocombustíveis líquidos (etanol e biodiesel).

Em dezembro de 2004, foi lançado oficialmente o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel – PNPB. Em 2005, o governo aprovou a Lei nº 11.097, que introduz o biodiesel na matriz energética brasileira, com o objetivo de atender a cinco premissas importantes do PNPB, dentre elas a diversificação da matriz energética do País e a geração de emprego e renda, com a inclusão dos agricultores familiares, de forma a reduzir as assimetrias regionais pela admissão desse agricultor na cadeia produtiva do biodiesel. Para garantir o sucesso do programa, o governo tomou uma série de medidas jurídicas e regulamentares, por meio de decretos, instruções normativas e leis específicas para alavancar a produção e o consumo interno de biodiesel, neste primeiro momento, e, no futuro próximo, como fator de divisas para o País. O PNPB tem como marco, portanto, o incentivo à produção de agrocombustíveis, com uso de óleos vegetais de plantas oleaginosas, tradicionais ou não, e gorduras animais e a inserção do agricultor familiar neste processo.

A agricultura familiar no Brasil representa cerca de 84% dos imóveis rurais, sendo responsável por 40% do valor bruto da produção agropecuária (MDA, 2008). Entretanto, essa classe ainda é marginalizada, o que requer atenção devida, por sua importância e vulnerabilidade. O governo federal tem incentivado a participação do agricultor na cadeia de biodiesel, por meio do Selo Combustível Social (SCS). Esse é um componente de identificação concedido pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário – MDA aos produtores de biodiesel que promovam a inclusão social e o desenvolvimento regional por meio da geração de emprego e renda aos agricultores familiares enquadrados nos critérios do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf).

Após a aprovação da Lei 11.097, as Usinas Produtoras de Biodiesel (UPBs) brasileiras iniciaram suas atividades de produção, com vista a atender o novo mercado

energético, seguindo a tendência mundial, especialmente da União Européia, uma vez que o comércio de biodiesel é promissor, impulsionado, sobretudo, pelo apelo ambiental.

Para promover o PNPB, foi aprovada a Resolução ANP N° 7, de 19.3.2008, que em seu Artigo 1° (parágrafo único) determina o percentual mínimo obrigatório de adição de biodiesel ao petrodiesel que deverá ser comercializado ao consumidor final, em qualquer parte do território nacional. Essa medida foi adotada pelo governo federal como forma de estimular a produção e o uso do biodiesel. O percentual mínimo obrigatório atualmente é 3% de biodiesel (B3) em mistura com o petrodiesel (97%). Essa mistura é obrigatória e todos os postos que revendem esse combustível estão sujeitos à fiscalização pela Agência Nacional de Petróleo, Gás natural e Biocombustível – ANP. O mercado brasileiro é regulado por essa agência, estabelecendo, dentre outras medidas, um modelo de gestão da qualidade para o biodiesel.

Essa ação governamental tem despertado interesse mundial, o que resulta em investimentos em todo território brasileiro, tanto de capital nacional quanto estrangeiro, em toda a cadeia produtiva do biodiesel. A implementação do PNPB tem oportunizado a instalação e ampliação da capacidade industrial de produção de biodiesel no País, com vista a atender o mercado doméstico de imediato e ser uma das bases importantes do novo programa energético.

Este trabalho objetivou analisar o panorama produtivo das usinas de biodiesel, após a implantação do PNPB, além de levantar as facilidades e os desafios encontrados pelos empreendedores neste novo setor energético.

2. METODOLOGIA

2.1 Coleta dos dados

Os dados utilizados neste trabalho foram primários, obtidos por meio de questionário aplicado às Unidades de Produção de Biodiesel (UPBs) nas diferentes regiões brasileiras, no período de março a maio de 2009. A pesquisa também se apoiou em fontes secundárias, como livros, mapas e internet, utilizando-se, ainda, como parâmetros os dados estatísticos da ANP.

Para o levantamento das UPBs foram tomadas como base o mapa do biodiesel de 2009, publicado pelo BiodieselBr, onde constam 107 unidades. Dentre elas estão as usinas em planejamento, em construção e, ainda, aquelas já em produção de biodiesel. As informações obtidas foram então confrontadas com os dados disponibilizados pela ANP. Em seguida, foram retiradas, como amostra, apenas aquelas informações referentes às empresas que possuem autorização emitida pela ANP – de produção e, ou, comercialização do B100 (biodiesel puro). Também foram realizadas pesquisas exploratórias na página eletrônica de cada unidade produtora (UPBs) para obtenção de nome, endereço comercial, número de telefone e endereço eletrônico do responsável pela empresa. Para assegurar a qualidade das informações, foram coletados os dados preferencialmente de pessoas idôneas, como diretores ou gerentes das unidades em estudo. Foi estabelecido esse critério porque as questões demandavam conhecimento específico e informações precisas.

Para a obtenção de um índice satisfatório de respostas, subtraídas dos colaboradores/respondentes, procurou-se elaborar um questionário simples, claro e objetivo. O questionário adotado, de página única, constou de perguntas induzidas (objetivas) e espontâneas (subjetivas) como forma de: i) assegurar maior número de informações possíveis sobre o cenário de produção do biodiesel nacional; ii) alcançar êxito no propósito pré-estabelecido; e iii) oferecer liberdade de expressão ao colaborador. As perguntas contemplaram três vertentes importantes da empresa: i) dados operacionais e produtivos; ii) contribuição social; e iii) informações adicionais (perspectivas futuras, dentre outras). Este último tópico teve por objetivo principal levantar as principais facilidades e os desafios encontrados pelas UPBs no mercado, bem como pelo PNPB.

Com vista a obter o maior número de respostas, foi realizado um trabalho árduo e persistente, a partir de telefonemas e e-mails, como forma de esclarecer ao colaborador/respondente sobre a importância do preenchimento do questionário, bem como mostrar-lhe como era valiosa a sua colaboração como ator principal no cenário nacional de produção de biodiesel. Outra vertente importante foi o encorajamento e a liberdade dada aos empreendedores ou aos seus representantes para retornar o contato, via telefonema ou e-mail, caso houvesse dúvidas sobre o questionário aplicado. Entretanto, não ficou claro que as respostas de cada UPBs seriam sigilosas, ou seja, não foi assegurado o sigilo incondicional dos dados a serem enviados por elas.

2.2 Número amostral e análise dos dados

Para a realização do estudo, foi retirado um número amostral de 65 UPBs (Tabela 1), no caso aquelas empresas autorizadas pela ANP, para as quais foi enviado o questionário (Anexo). O presente estudo analítico se ateve a 17 UPBs, correspondente ao número de usinas respondentes dos questionários de forma completa.

Tabela 1. Número e distribuição das UPBs em 2009.

Caracterização das empresas	Número de empresas	Distribuição das empresas (%)
A. Total de UPB*	107	100
B. Total de UPB autorizadas pela ANP (2009)	65	60,75
C. Total de UPB sem autorização ANP (A-B)	42	39,25
D. Total final da amostra	65	

*UPB em planejamento, construção, construída e produzindo. Fonte: Biodieselbr (2009), ANP (2009).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O índice de respostas alcançado com a aplicação do questionário foi satisfatório, uma vez que da amostra de 65 UPBs, foram obtidas 17 respostas completas do questionário das UPBs autorizadas pela ANP. O índice representa 26,15% das empresas distribuídas em todo território nacional. Em conjunto, elas foram responsáveis por aproximadamente 39,2% da produção nacional de biodiesel em 2008, o que equivale a 453 mil m³ (Figura 1). Convém lembrar que o volume total produzido de biodiesel em 2008 foi de 1.167.099 m³ (ANP, 2009).

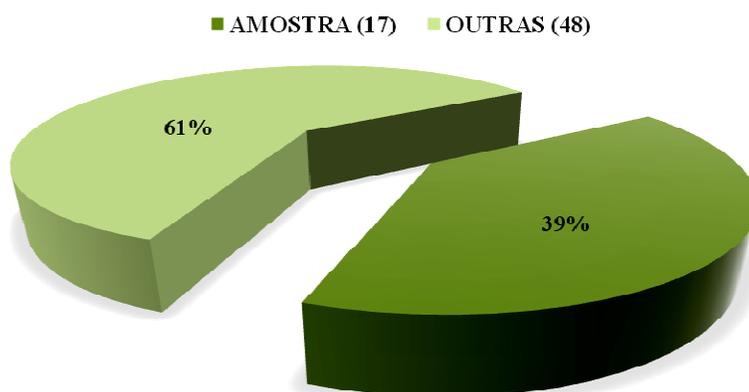


Figura 1. Representação do percentual de produção de biodiesel das UPBs respondentes.

O volume produtivo por cada região investigada está representado na Figura 2. As regiões Sul e Centro-Oeste do País apresentaram maiores volumes de produção de biodiesel, com 180.790 m³ e 139.253 m³, respectivamente. Por outro lado, a região Norte apresentou menor volume produzido, no caso, 2.625 m³.

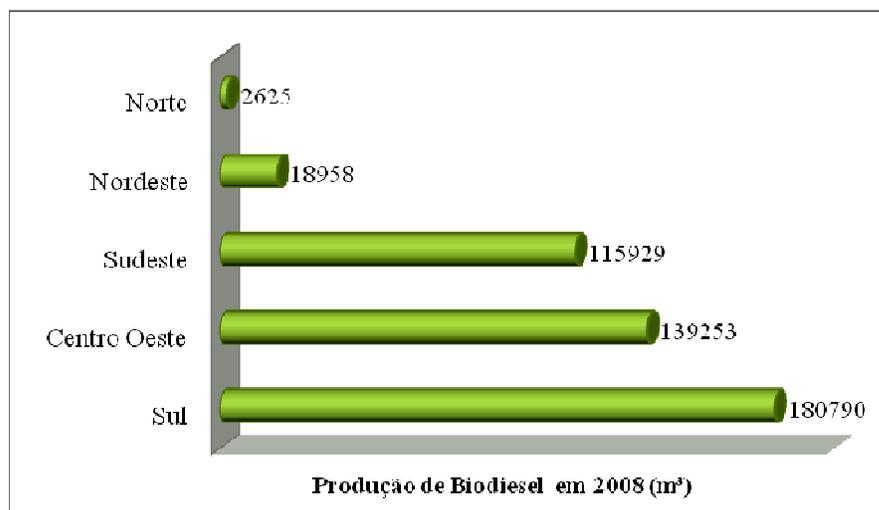


Figura 2. Produção de biodiesel das UPBs respondentes.

De acordo com dados da ANP (2009), as regiões Nordeste e Norte foram as que apresentaram menores volumes de produção de biodiesel, resultado semelhante encontrado com a aplicação do questionário às UPBs.

3.1 Caracterização dos dados das UPBs

Atualmente, o Brasil possui 65 UPBs autorizadas pela ANP. Dentre elas, 43 têm autorização para comercialização (Tabela 2). As UPBs apresentam capacidade de produção autorizada atual de 11.383, 83 m³/dia (ANP, 2009).

Tabela 2. Caracterização das UPBs, segundo dados da ANP.

Caracterização da UPBs	Número de empresas
Total de UPBs autorizadas para operação	65
Total de UPBs autorizadas para comercialização de B100	43
Total de UPBs em processo de autorização para ampliação (novas plantas)	10
Total de UPBs em processo de autorização para ampliação	7

Fonte: Adaptado de ANP (2009).

Na Figura 3, observa-se a situação das UPBs autorizadas para comercializar biodiesel e concorrer nos leilões da Petrobras. Dentro da amostra investigada na presente pesquisa, 67% das empresas estão autorizadas para comercializar o produto e aptas a participarem dos leilões (Figura 3).

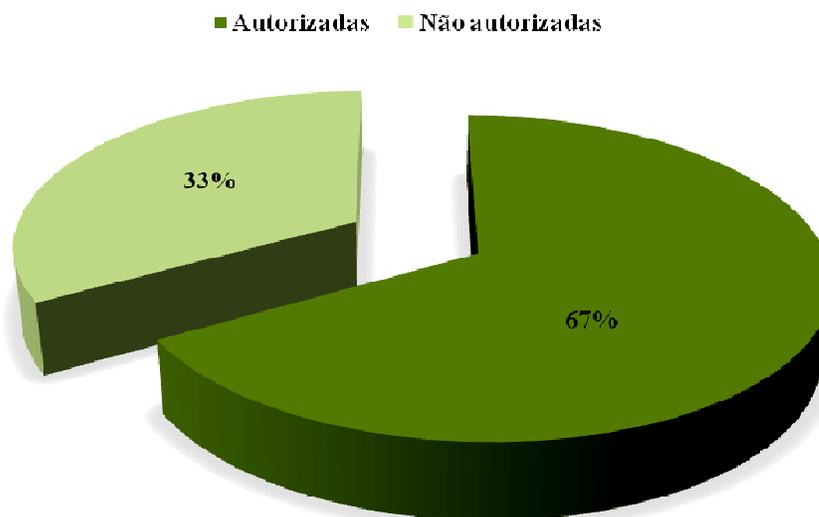


Figura 3. Situação atual das UPBs respondentes na ANP para comercialização do B100.

3.2. Localização das UPBs

As UPBs pesquisadas neste estudo, estão instaladas em todas as regiões brasileiras. Com isso, a frequência de respostas das UPBs alcançou todas as regiões políticas do País. Na Figura 4, está representada o índice de retorno das UPBs e sua distribuição por região. O maior índice de retorno foi do Sudeste, com 47,06% dos questionários respondidos; seguido pelo Centro-Oeste e Nordeste, que alcançaram o mesmo índice, ou seja, 17,65%; e por último o Sul e o Norte, com 11,65% e 5,88%, respectivamente.

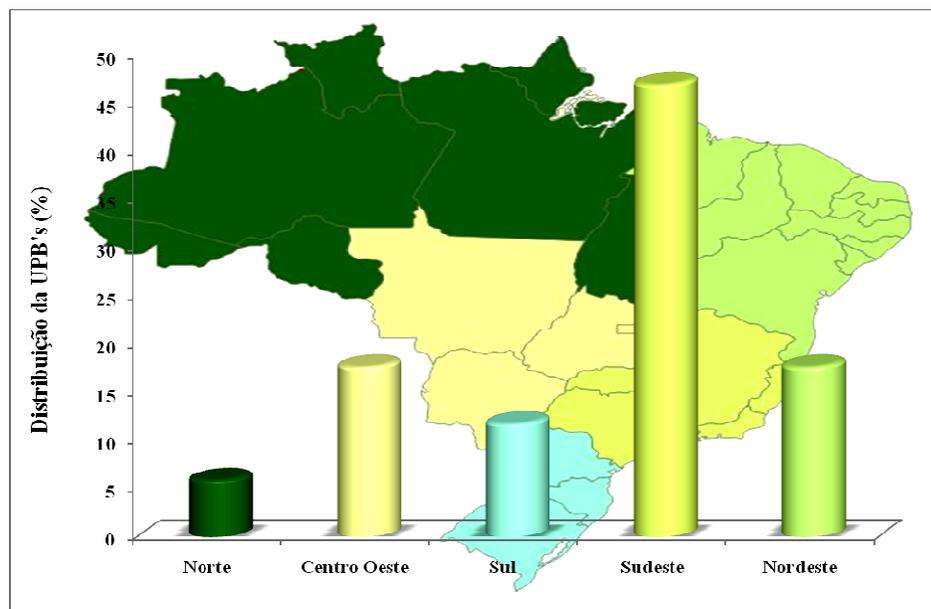


Figura 4. Índices de retorno das UPBs respondentes por região.

3.3 Matéria-prima

A produção de biodiesel provém de várias matérias-primas, tanto de origem animal quanto vegetal. Todavia, é exigida pela ANP a segurança da qualidade do produto final, que deve ser estendida ao consumidor nos postos de abastecimento de combustíveis.

Neste estudo, observou-se o interesse das UPBs por diversas matérias-primas no processo de produção de biodiesel, a saber: a soja e a gordura animal, que estão presentes em mais de 60% das UPBs pesquisadas, seguidas pelo algodão (*Gossypium hirsutum* L.), mamona (*Ricinus communis* L.), pinhão manso (*Jatropha curcas* L.),

amendoim (*Arachis hypogaea* L.), girassol (*Helianthus annus*) e dendê (*Elaeis guineensis*) (Figura 5).

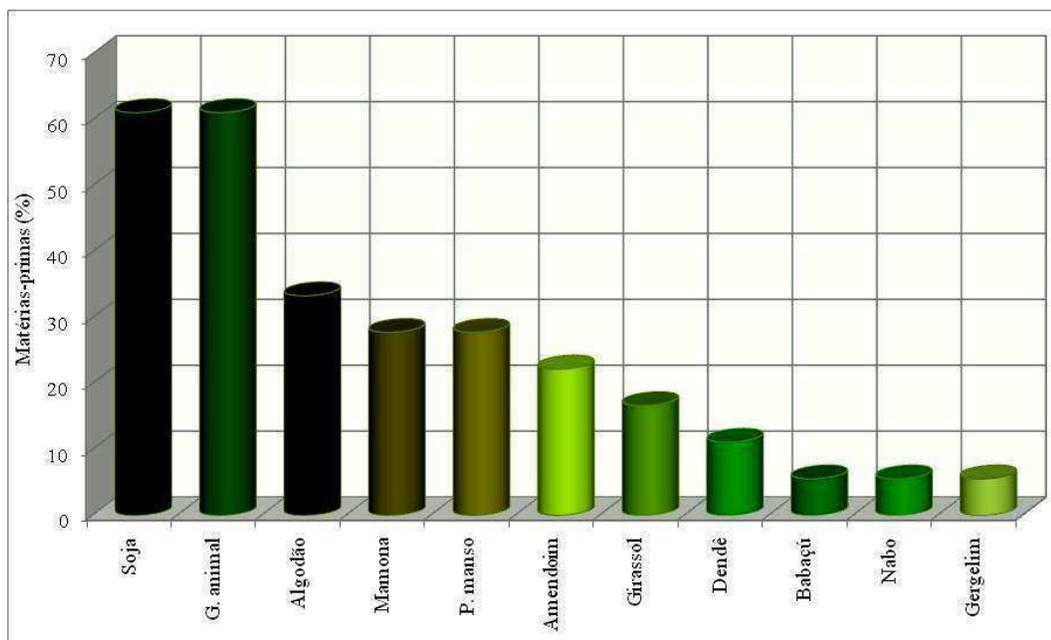


Figura 5. Aptidão de matérias-primas a serem processadas pelas UPBs.

O Brasil se destaca como o segundo maior produtor mundial de soja. A soja é uma importante matéria-prima e desde a década de 1970 tem liderado as exportações do agronegócio brasileiro (Agnol e Hirakuri, 2008). Em 2008, a exportação do complexo soja superou US\$ 17 bilhões, configurando um fator de divisas importante para o País.

A soja tem se configurado majoritariamente entre as matérias-primas utilizadas no processo de produção de biodiesel. De acordo com a ANP (2009), ela responde hoje por 73,68% da produção nacional. Sua representatividade é explicada pelo fato de ser a matéria-prima mais viável para a utilização imediata na produção de biodiesel e por ser cultivada em todas as regiões brasileiras. Ela apresenta sua cadeia produtiva bem estruturada, o que torna sua utilização e custo favoráveis em relação às demais oleaginosas. Embora, tenha se observado a busca pela diversificação de matéria-prima pelas UPBs, a soja tende a continuar como matéria-prima principal nos próximos anos. Além disso, o biodiesel de soja tem atendido mais facilmente às especificações químicas que permitem a mistura com petrodiesel, ao contrário daquele produzido com a mamona e com a gordura animal (Gomes, et al., 2009) que são mais viscosos e funcionam melhor como blend, enquanto o biodiesel a partir do óleo de soja apresenta melhores características físico-químico e cadeia produtiva consolidada.

A gordura animal é também importante matéria-prima utilizada pelas UPBs. De acordo com o levantamento realizado, o sebo bovino apresentou frequência e

interesse semelhante ao óleo de soja. Entretanto, embora a gordura animal apresente igual importância, seu volume processado é menor, se comparado à espécie oleaginosa (soja). Esse fato é confirmado pelos dados da ANP (2009), nos quais a gordura animal aparece em segundo lugar como a matéria-prima utilizada no cenário nacional de produção de biodiesel, representando um percentual de 19,25%. De forma geral, a gordura animal é mais barata que os óleos vegetais, uma vez que é subproduto da agroindústria e não produto primário, como os óleos vegetais.

O caroço de algodão configurou no cenário das UPBs em terceiro lugar, respondendo por 3,33% do total processado, seguindo as mesmas tendências dos dados divulgados pelo boletim da ANP. De acordo com os dados da ANP publicados em abril de 2009, o óleo de algodão respondeu por 4,96% respectivamente. Esta matéria-prima também é um subproduto da cadeia do algodão, reduzindo o custo de produção de biodiesel a partir dele.

O pinhão manso foi citado por aproximadamente 30% das UPBs respondentes. Verifica-se o grande interesse por esta espécie na produção de biodiesel, em decorrência das suas vantagens em comparação a outras oleaginosas. O teor de óleo nas sementes varia entre 28 e 40%, o que faz desta planta uma grande promessa como matéria-prima para a produção de biodiesel, permanecendo em segundo lugar, atrás apenas do dendê, em produtividade por área. Embora ainda não exista o zoneamento ecológico-econômico para a cultura, reconhecido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), ela está sendo cultivada em escala comercial em diversas regiões do País, de maneira especial em Mato Grosso, Tocantins e Minas Gerais e deve ser futuramente empregada na produção de biodiesel.

A agricultura familiar, por sua vez, encontra no cultivo do pinhão manso uma interessante alternativa para geração de emprego e renda, por outro lado, para que as expectativas de criação de possibilidades para áreas mais pobres não se traduzam em fiasco econômico, superexploração da mão de obra ou substituição e escassez dos plantios alimentares, cuidados precisarão ser adotados (Biondi et al., 2008).

3.4 Rota tecnológica

Existem diferentes rotas tecnológicas que podem ser aplicadas para a obtenção de biodiesel a partir de óleos vegetais e/ou gorduras animais. No entanto, duas tecnologias são comumente utilizadas: a transesterificação (metílica ou etílica) e o craqueamento.

No Brasil, a rota tecnológica pelo processo de transesterificação é predominante. A rota metílica é a mais utilizada nas usinas em estudo (53% das UPBs); 24% usam ambas as tecnologias, aqui denominadas como usinas *flex fuel*; e 23% delas utilizam o processo de transesterificação pela rota etílica (Figura 6).

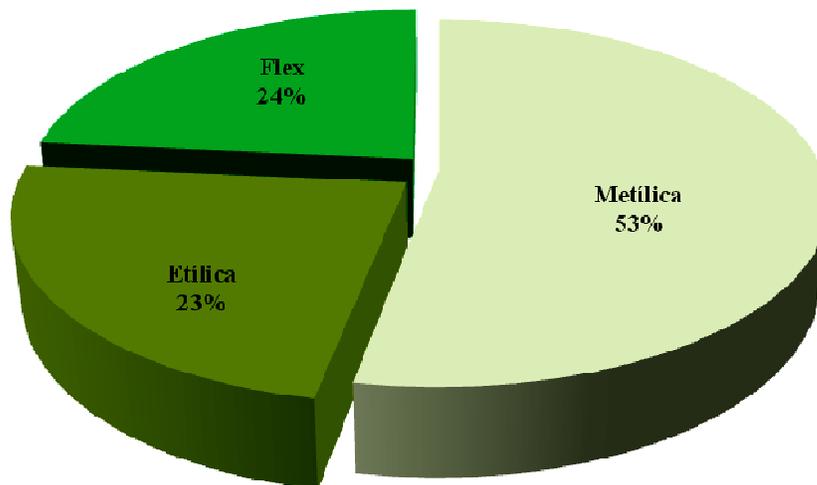


Figura 6. Rota tecnológica adotada pelas UPBs respondentes.

A preferência das UPBs pelo metanol é geralmente por razões técnicas, relacionadas ao processo de produção. Ele é isento de água, possui uma cadeia mais curta e tem maior polaridade, o que facilita a separação entre os ésteres e a glicerina (Dantas, 2006). Essa rota apresenta ainda maior rendimento, comparado aos ésteres etílicos. Por outro lado, o etanol no Brasil é uma fonte abundante e de baixo custo, o que torna o processo independente de petróleo e totalmente renovável. Já o metanol é produzido a partir do petróleo ou fabricado por meio do biogás e pelo processo de gaseificação de biomassas, este último não adotado no País. Logo, a rota etílica deve se consolidar no País e ser majoritária na produção do biodiesel nacional.

3.5 Selo Combustível Social

Uma das metas prioritárias do PNPB do governo federal é a inserção do agricultor familiar na cadeia produtiva do biodiesel. Para isso, o governo lançou o Selo Combustível Social (SCS), por meio da Instrução Normativa MDA nº 01, de 05/07/2005, como forma de incentivar a participação do agricultor familiar nesse novo mercado energético.

A inserção do agricultor familiar na cadeia produtiva de biodiesel tem se estendido em todos os estados brasileiros. O agricultor é favorecido, sobretudo, pelos benefícios concedidos ao produtor de biodiesel que adquirir um percentual mínimo de matéria-prima da agricultura de base familiar. Dentre os benefícios estão a prioridade no leilão de biodiesel (reservados 80% dos lotes para aqueles produtores que possuem o SCS), fundamental para garantir a segurança na comercialização da produção. Além disso, o SCS permite o acesso às melhores condições de financiamento no BNDES e suas instituições financeiras credenciadas. Quem tem o SCS pode, ainda, concorrer em leilões de compra de biodiesel com melhores acessos, comparados àquelas empresas que não possuem o selo. Também, os empreendimentos ganham incentivos tributários, pela redução de alíquotas do PIS, PASEP e do Cofins, conforme previstos no PNPB. Todos esses fatores têm contribuído com o impulso da produção de biodiesel e a implantação das UPBs no País, além de outros fatores relevantes para o setor, contemplado pelas leis regulamentares do PNPB.

No levantamento realizado, observou-se o interesse das UPBs pelo SCS, sendo este selo incentivador da implantação de muitas UPBs. O percentual de adoção do SCS pelas usinas foi de 78% (Figura 7). O índice é considerado satisfatório, graças às vantagens oferecidas pelo governo e suas entidades correlacionadas, contribuindo de forma positiva com a geração de emprego e renda aos agricultores familiares. Por outro lado, esses contratos criam um processo de dependência grave dos agricultores em relação às empresas, que impõem seus pacotes tecnológicos e demais regras de produção aos parceiros, levando à perda de sua autonomia para eleger formas de manejo ou comercialização mais apropriada a cada realidade (Biondi et al., 2008).

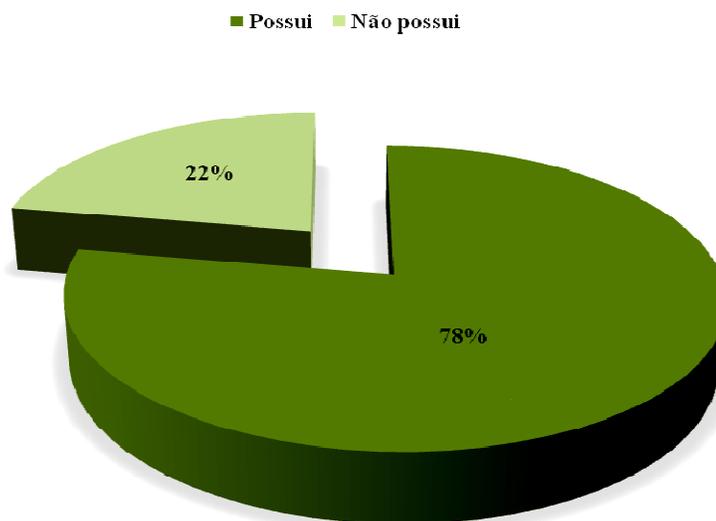


Figura 7. Percentual das UPBs respondentes que adotaram ou não o SCS.

3.6 Geração de emprego

Uma das premissas do PNPB é a geração de emprego e renda pela inclusão dos agricultores familiares na cadeia produtiva do biodiesel, além de ser uma estratégia para reduzir as assimetrias regionais. O maior número de famílias atendidas foi da região Nordeste, com 55.600 famílias (Figura 8). Esse é um fator positivo do programa, que tem estimulado a produção de oleaginosas em todos os estados brasileiros, em especial na região Nordeste, por meio da inserção do agricultor familiar neste agronegócio. Acredita-se que o maior interesse pelos empreendimentos nessa região seja a redução ou isenção dos tributos fiscais. Embora a produção de biodiesel tenha sido menor nessa região, o número de famílias atendidas pelas UPBs, via PNPB, foi maior no Nordeste, indo ao encontro de uma das principais premissas do PNPB.

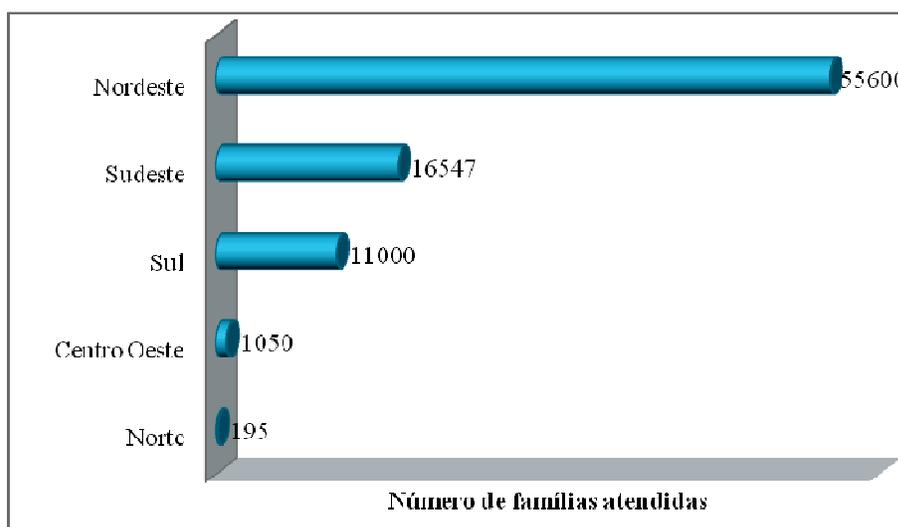


Figura 8. Número de famílias atendidas pelas UPBs respondentes.

3.7 Perspectivas futuras: facilidades e desafios

As perspectivas para o novo setor energético são promissoras (Figura 9). Dentre as UPBs estudadas, 78% declararam como boas as perspectivas no novo setor, enquanto para 11% elas são ótimas. Somente 11% definiram as perspectivas como regulares.

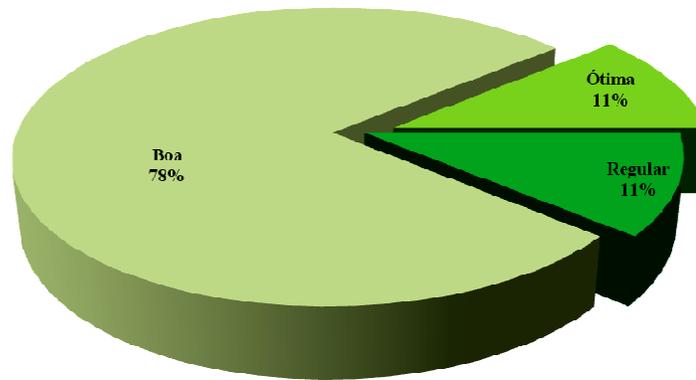


Figura 9. Perspectivas dos investidores no novo setor energético.

De acordo com dados da ANP, entre os meses de março de 2008 e março de 2009, o número de UPBs no País passou de 51 para 65 unidades. Nota-se que, mesmo em meio à crise mundial, o número de UPBs brasileiras ainda é crescente, potencializando o setor energético nacional. Tamanho interesse dos investidores pode ser explicado por dois motivos principais: i) A antecipação da mistura obrigatória de B3 para o B4, está já aprovada pela Resolução nº 2, de 27 de abril de 2009, publicação no diário oficial da união (D.O.U, 2009), autorizando a adoção do B4 em julho deste ano. Isso representa um aumento na produção anual de pelo menos 440 milhões de litros e mais de um bilhão de reais em faturamento para a indústria (Carvalho, 2009). Ainda conforme cenários projetados, em razão do sucesso do programa, poderá ocorrer nova antecipação nos próximos anos. ii) a expectativa de abertura dos mercados mundiais de biodiesel, uma vez que o Brasil pode ser tornar o principal País fornecedor de agroenergia, especialmente de agrocombustível (etanol e biodiesel).

Outra facilidade apontada pelas UPBs foi o acesso a melhores condições de financiamento no BNDES e suas instituições financeiras credenciadas, como o Banco da Amazônia S/A (BASA), o Banco do Nordeste do Brasil (BNB), o Banco do Brasil S/A ou outras instituições financeiras que possuam condições especiais de financiamento para projetos com SCS, conforme a Instrução Normativa Nº. 02/2005. Além disso, pode-se utilizar o SCS para fins de promoção comercial da empresa.

Foram observados, no entanto, alguns desafios enfrentados pelas UPBs que ainda precisam ser superados, para melhorar o setor de produção de biodiesel nacional. No levantamento realizado, aproximadamente 30% das empresas respondentes apontaram que não foi oferecida nenhuma facilidade para a produção de biodiesel.

Os maiores desafios observados na investigação foram os altos custos de produção de oleaginosas, o que inviabiliza a produção contínua do biodiesel; os processos burocráticos; os preços praticados no mercado para a venda do biodiesel ainda são inviáveis; o mercado regulado por leilões; as dificuldades de cumprir o SCS; a falta de escala da matéria-prima em volume necessário para atender as UPBs; a insegurança quanto à configuração futura do mercado de biodiesel; a dificuldade de introdução de novas matérias-primas, no caso do Sul do País; o benefício fiscal concedido pelo MDA ainda não remunera o custo de obtenção do SCS; a agricultura familiar não consegue responder ao total da demanda de matéria-prima que este setor requer; o monopólio da Petrobras (compra e venda); o controle da agricultura brasileira por parte de multinacionais; a proibição de venda diretamente do biodiesel às empresas distribuidoras, sendo as UPBs obrigadas a ofertar sua produção em leilões regulamentados pela ANP e para Petrobras; o biodiesel vendido e comprado no mercado de leilões, por meio de contratos de entrega futura em processos formais de licitação, ao passo que o preço da matéria-prima principal (soja) é exportado a preços de mercado atual; a dificuldade de competição com as empresas que participam dos leilões e que possuem o selo social, ou seja, que pagam menos impostos por empregar agricultores familiares na produção de biodiesel a partir da mamona, especialmente; e a insegurança quanto aos preços praticados, uma vez que o mercado é regulado por leilões.

4. CONCLUSÕES

As matérias-primas mais utilizadas no processo de produção de biodiesel apontadas pelas UPBs foram a soja, a gordura animal, o algodão e a mamona, com potencial interesse pelo pinhão manso.

A rota metílica é a mais utilizada, sendo adotada por 53% das UPBs em estudo.

O SCS é um componente importante como incentivador da implantação de muitas UPBs. O percentual de sua adoção pelas usinas foi de 78%.

As regiões Norte (2.625 m³) e Nordeste (18.938 m³) contribuem com menor percentual de volume de produção biodiesel. Por outro lado, esta última apresentou papel importante pela inserção do maior número de famílias atendidas (55.600 famílias).

As perspectivas futuras dos empreendedores são boas, com um percentual de 89% de satisfação.

Para o setor empresarial, a proibição da venda direta do biodiesel às empresas distribuidoras, sendo obrigadas a ofertar sua produção em leilões regulamentados pela ANP, atualmente, é um dos maiores desafios a serem superados.

5. REFERÊNCIAS

AGNOL, A.D.; HIRAKURI, M.H. Realidade e perspectiva do Brasil na produção de alimentos e agroenergia, com ênfase na soja. **Circular Técnica**. Embrapa. Londrina, PR. P. 1-8, 2008.

ANP – Agência Nacional de Produção de Biodiesel. **Boletim Mensal de Biodiesel – SRP**, 4 de abril de 2009. p. 1-10, 2009. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/biocombustiveis/historico_boletim_mensal_biodiesel.asp> Acesso em: 5 de abril de 2009.

BIODIESELBR. 2009. **Mapa do biodiesel 2009**.

CARVALHO, R. Agroenergia e Agrocombustíveis no Brasil. 28 de fevereiro de 2009. **Agrocombustíveis em foco**. v.1, n. 2, p. 12- 21, 2009.

DANTAS, M.B. **Obtenção, caracterização e estudo termoanalítico de biodiesel de milho (*Zea mays L.*)**. 138 f. Dissertação (Mestrado em Química). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, 2006.

GOMES, M.; BIONDI, A.; BRIANEZI, T.; GLASS, V.O **Brasil dos Agrocombustíveis: Impactos das Lavouras sobre a Terra, o Meio e a Sociedade - Soja e Mamona 2009**. São Paulo, v. 4, 2009, 58p.

ANEXO I

Usinas Produtoras de Biodiesel (UPBs) autorizadas pela ANP e capacidade anual estimada de produção

Nº Empresas	Empresa	Local	Capacidade
			anual estimada (m³/ano)
1	Abdiesel Ltda.	Araguari / MG	2.160
2	ADM do Brasil Ltda.	Rondonópolis / MT	245.520
3	AGRENCO Bioenergia Indústria e Comércio de Óleos e Biodiesel Ltda.	Alto Araguaia / MT	235.294
4	AGROPALMA - Cia. Refinadora da Amazônia	Belém / PA	5.400
5	AGROSOJA - Comércio e Exportação de Cereais Ltda.	Sorriso / MT	28.800
6	AMAZONBIO - Indústria e Comércio de Biodiesel da Amazônia Ltda.	Ji Paraná/RO	16.20
7	AMBRA Energética e Ambiental Ltda.	Varginha / MG	864
8	ARAGUASSU Óleos Vegetais Indústria e Comércio Ltda.	Porto Alegre do Norte / MT	36.000
9	BARRALCOOL - Usina Barrácool S.A	Barra do Bugres / MT	58.823
10	BIG FRANGO Indústria e Comércio de Alimentos Ltda.	Rolândia / PR	14.400
11	BINATURAL Indústria e Comércio de Óleos Vegetais Ltda.	Formosa / GO	30.240
12	BIO ÓLEO Indústria e Comércio de Biocombustíveis Ltda.	Cuiabá / MT	3.600
13	BIOCAMP Indústria e Comércio importação e Exportação de Biodiesel Ltda.	Campo Verde / MT	55.440
14	BIOCAPITAL Consultoria Empresarial e Participações S.A.	Charqueada / SP	274.117
15	BIOCAR Indústria e Comércio de Óleos Vegetais e Biodiesel Ltda.	Dourados / MS	10.800
16	BIOLIX Indústria e Comércio de Combustíveis Vegetais Ltda.	Rolândia / PR	10.800
17	BIOMINAS Indústria e Comércio de Biodiesel Ltda.	Araxá / MG	10.800

18	BIONORTE Indústria e Comércio de Biodiesel Ltda.	São Miguel do Araguaia / GO	29.411
19	BIOPAR Produção de Biodiesel Parecis Ltda.	Nova Marilândia/MT	8.400
20	BIOPAR - Bioenergia do Paraná Ltda.	Rolândia / PR	43.200
21	BIOTINS - Companhia Produtora de Biodiesel do Tocantins S.A.	Paraíso do Tocantins / TO	9.720
22	BIOVERDE – Indústria e Comércio de Biocombustíveis Ltda.	Taubaté / SP	88.235
23	BRACOL Holding Ltda.	Lins / SP	125.712
24	BRASIL ECODIESEL Ind. e Com. de Biocombustíveis e Óleos Vegetais S.A.	Crateús / CE	108.000
25	BRASIL ECODIESEL Ind. e Com. de Biocombustíveis e Óleos Vegetais S.A.	Floriano / PI	97.200
26	BRASIL ECODIESEL Ind. e Com. de Biocombustíveis e Óleos Vegetais S.A.	Iraquara / BA	129.600
27	BRASIL ECODIESEL Ind. e Com. de Biocombustíveis e Óleos Vegetais S.A.	Porto Nacional / TO	129.600
28	BRASIL ECODIESEL Ind. e Com. de Biocombustíveis e Óleos Vegetais S.A.	Rosário do Sul / RS	129.600
29	BRASIL ECODIESEL Ind. e Com. de Biocombustíveis e Óleos Vegetais S.A.	São Luis / MA	129.600
30	BSBIOS Indústria e Comércio de Biodiesel Sul Brasil S/A.	Passo Fundo / RS	124.200
31	CAIBIENSE - Transportadora CaiBIense Ltda.	Rondonópolis / MT	5.400
32	CARAMURU Alimentos S.A.	São Simão / GO	187.500
33	CESBRA Química S.A.	Volta Redonda / RJ	21.600
34	CLV Indústria e Comércio de Biodiesel Ltda.	Colider / MT	36.000
35	COMANCHE Biocombustíveis da Bahia LTDA.	Simões Filho / BA	120.600
36	COMANDOLLI - Transportadora Comandolli Ltda.	Rondonópolis / MT	3.600

37	COOAMI - Cooperativa Mercantil e Industrial dos Produtores de Sorriso Ltda.	Sorriso / MT	3.600
38	COOMISA - Cooperativa Mista Sapezalense	Sapezal / MT	4.320
39	COOPERBIO - Cooperativa Mercantil e Industrial dos Produtores Luverdenses	Lucas do Rio Verde / MT	1.440
40	COOPERBIO – Cooperativa de Biocombustíveis	Cuiabá / MT	122.400
41	COOPERFELIZ - Cooperativa Mercantil e Industrial dos Produtores de Feliz Natal	Feliz Natal / MT	2.400
42	DHAYMERS Indústria e Comércio de Produtos Químicos Ltda.	Taboão da Serra / SP	9.360
43	DVH Chemical Comércio de Óleo Vegetal	Tailândia / PA	12.600
44	FERTIBOM Indústrias Ltda.	Catanduva / SP	42.000
45	FIAGRIL Agromercantil Ltda.	Lucas do Rio Verde / MT	147.585
46	FRIGOL Química Ltda.	Lençóis Paulistas / SP	6.000
47	FUSERMANN - Refinaria Nacional de Petróleo Vegetal Ltda.	Barbacena / MG	10.800
48	GRANOL Indústria, Comércio e Exportação S.A.	Anápolis / GO	190.588
49	GRANOL Indústria, Comércio e Exportação S.A.	Cachoeira do Sul/RS	168.001
50	GRANOL Indústria, Comércio e Exportação S.A.	Campinas / SP	90.000
51	INNOVATTI Indústria e Comércio de Ésteres Sintéticos Ltda.	Mairinque / SP	6.740
52	KGB - Indústria e Comércio de Biocombustível KGB Ltda.	Sinop / MT	1.800
53	NUTEC - Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial	Fortaleza / CE	864
54	OLEOPLAN S.A. – Óleos Vegetais Planalto	Veranópolis / RS	237.600
55	OURO VERDE Indústria e Comércio de Biodiesel Ltda.	Rolim de Moura / RO	6.120
56	PETROBRAS Biocombustível S.A.	Candeias / BA	56.520
57	PETROBRAS Biocombustível S.A.	Quixadá / CE	56.520
58	PETROBRAS Biocombustível S.A.	Montes Claros / MG	56.520

59	RENOBRÁS Indústria Química Ltda.	Dom Aquino / MT	7.200
60	SOYMINAS Biodiesel Derivados de Vegetais Ltda.	Cássia / MG	14.400
61	SPBio – Indústria e Comércio de Biodiesel Ltda.	Sumaré / SP	10.080
62	SSIL - Sociedade Sales Industrial Ltda.	Rondonópolis / MT	1.800
63	TAUÁ Biodiesel Ltda.	Nova Mutum / MT	36.000
64	USIBIO Indústria e Comércio de Biocombustíveis do Centro-Oeste Ltda.	Sinop / MT	7.200
65	VERMOEHLEN & Vermoehlen Ltda.	Rondonópolis / MT	1.800

Fonte: Adaptado da ANP (2009).

ANEXO II

Regulamento Técnico ANP N° 1/2008 - Especificação do Biodiesel

CARACTERÍSTICA	UNIDADE	LIMITE	MÉTODO		
			ABNT NBR	ASTM D	EN/ISO
Aspecto	-	LII (1)	-	-	-
Massa específica a 20° C	kg/m ³	850-900	7148 14065	1298 4052	EN ISO 3675 - EN ISO 12185
Viscosidade Cinemática a 40°C	mm ² /s	3,0-6,0	10441	445	EN ISO 3104
Teor de Água, máx. (2)	mg/kg	500	-	6304	EN ISO 12937
Contaminação Total, máx.	mg/kg	24	-	-	EN ISO 12662
Ponto de fulgor, mín. (3)	°C	100,0	14598	93 -	EN ISO 3679
Teor de éster, mín	% massa	96,5	15342 (4) (5)	-	EN 14103
Resíduo de carbono (6)	% massa	0,050	-	4530	-
Cinzas sulfatadas, máx.	% massa	0,020	6294	874	EN ISO 3987
Enxofre total, máx.	mg/kg	50	- -	5453	- EN ISO 20846 EN ISO 20884
Sódio + Potássio, máx.	mg/kg	5	15554 15555 15553 15556	-	EN 14108 EN 14109 EN 14538
Cálcio + Magnésio, máx.	mg/kg	5	15553 15556	-	EN 14538
Fósforo, máx.	mg/kg	10	15553	4951	EN 14107
Corrosividade ao cobre, 3h a 50 °C, máx.	-	1	14359	130	EN ISO 2160
Número de Cetano (7)	-	Anotar	-	613 6890 (8)	EN ISO 5165
Ponto de entupimento de filtro a frio, máx.	°C	19 (9)	14747	6371	EN 116
Índice de acidez, máx.	mg KOH/g	0,50	14448 -	664 -	- EN 14104

					(10)
Glicerol livre, máx.	% massa	0,02	15341 (5) - -	6584 (10) - -	- EN 14105 (10) EN 14106 (10)
Glicerol total, máx.	% massa	0,25	15344 (5) -	6584 (10) -	- EN 14105 (10)
Mono, di, triacilglicerol (7)	% massa	Anotar	15342 (5) 15344 (5)	6584 (10)	- - EN 14105 (10)
Metanol ou Etanol, máx.	% massa	0,20	15343	-	EN 14110
Índice de Iodo (7)	g/100g	Anotar	-	-	EN 14111
Estabilidade à oxidação a 110°C, mín.(2)	h	6	-	-	EN 14112 (10)

Fonte: ANP (2008)

Nota:

(1) LII – Limpido e isento de impurezas com anotação da temperatura de ensaio.

(2) O limite indicado deve ser atendido na certificação do biodiesel pelo produtor ou importador.

(3) Quando a análise de ponto de fulgor resultar em valor superior a 130°C, fica dispensada a análise de teor de metanol ou etanol.

(4) O método ABNT NBR 15342 poderá ser utilizado para amostra oriunda de gordura animal.

(5) Para biodiesel oriundo de duas ou mais matérias-primas distintas das quais uma consiste de óleo de mamona:

a) teor de ésteres, mono-, diacilgliceróis: método ABNT NBR 15342;

b) glicerol livre: método ABNT NBR 15341;

c) glicerol total, triacilgliceróis: método ABNT NBR 15344;

d) metanol e/ou etanol: método ABNT NBR 15343.

(6) O resíduo deve ser avaliado em 100% da amostra.

(7) Estas características devem ser analisadas em conjunto com as demais constantes da tabela de especificação a cada trimestre civil. Os resultados devem ser enviados pelo produtor de biodiesel à ANP, tomando uma amostra do biodiesel comercializado no trimestre e, em caso de neste período haver mudança de tipo de matéria-prima, o produtor deverá analisar número de amostras correspondente ao número de tipos de matérias-primas utilizadas.

(8) Poderá ser utilizado como método alternativo o método ASTM D6890 para número de cetano.

(9) O limite máximo de 19°C é válido para as regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Bahia, devendo ser anotado para as demais regiões. O biodiesel poderá ser entregue com temperaturas superiores ao limite supramencionado, caso haja acordo entre as partes envolvidas. Os métodos de análise indicados não podem ser empregados para biodiesel oriundo apenas de mamona.

(10) Os métodos referenciados demandam validação para as matérias-primas não previstas no método e rota de produção etílica.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-graduação
Programa de pós-graduação em Fitotecnia

EMPRESA

Nome:		
Endereço:		
Responsável respondente:		
Cargo:		
Data:	Cidade:	Estado:

DADOS SOLICITADOS DA EMPRESA

Início de operação Dia/mês/ano:		Dias de operação/ano:	
Capacidade de produção autorizada pela ANP (m ³):	Capacidade instalada anual (m ³):	Capacidade operacional (m ³):	
Matérias-primas (MP):			
Rota tecnológica:			
Participação do Leilão da Petrobrás:	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	N. de participações:
Volume total de biodiesel vendido (m ³):			
Energia utilizada no processo produtivo:	Elétrica (concessionária)		<input type="checkbox"/> Resíduo (especificar abaixo)
Sub-produto:			
<input type="checkbox"/> Outros (especificar abaixo)			
Glicerina			
Destino da glicerina:	<input type="checkbox"/> Venda	<input type="checkbox"/> Indústria Farmacêutica	<input type="checkbox"/> Outros (especificar abaixo)
Volume total de sub-produtos vendidos (m ³):			
Mercado Interno e Externo			

CONTRIBUIÇÃO SOCIAL

Números de Empregos gerados:	Diretos: *	Indiretos:	
Aquisição da MP junto à agricultura familiar:	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	
Número de famílias atendidas:	Volume adquirido/ano (m ³):		
Possui Selo Combustível Social:	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	Há quanto tempo (ano):

INFORMAÇÕES ADICIONAIS

Perspectivas futuras:
Entraves e dificuldades:
Facilidades:
Observações: